

Aus der Kieferorthopädischen Abteilung der
Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Christian SCHULZE)
(Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. med. dent. Christian SCHULZE)

ZAHNBREITEN UND ZAHNBREITENKORRELATIONEN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Rainer-Reginald Miethke
aus Bad Liebenwerda

1972



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Kieferorthopädischen Abteilung der
Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Christian SCHULZE)
(Geschäftsführender Direktor:
Professor Dr. med. dent. Christian SCHULZE)

ZAHNBREITEN UND ZAHNBREITENKORRELATIONEN

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Rainer-Reginald Miethke
aus Bad Liebenwerda

Referent: Professor Dr. med. dent. Christian SCHULZE

Korreferent: Professor Dr. med. Dr. rer. nat. Günter FUCHS



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 18. Januar 1972

Ich danke allen, die mir bei der Anfertigung dieser
Arbeit geholfen haben, besonders meiner Frau Sibylle

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
I. ALLGEMEINER TEIL	3
2. BEDEUTUNG DER ZAHNBREITE BEI DER GEBISSENTWICKLUNG	3
2.1. Milchgebiß	3
2.2. Wechselgebiß	7
2.2.1. Zuwachs der Molaren	7
2.2.2. Wechsel der Frontzähne	7
2.2.3. Wechsel in der Stützzone	10
3. METHODEN DER BREITENVORHERBESTIMMUNG . .	13
3.1. Mittelwerte (und Standardabweichungen) .	13
3.2. Korrelationsanalyse	13
3.3. Vermessen von Röntgenbildern	14
3.4. Kombinierte Methode	16
4. KORRELATIONSANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN .	18
5. GESCHLECHTSSPEZIFISCHE DIFFERENZEN . . .	25
6. POPULATIONSSPEZIFISCHE DIFFERENZEN . . .	29
7. HALBSEITENDIFFERENZEN	32
II. SPEZIELLER TEIL	35
8. MATERIAL	35
9. METHODE	41

	Seite
10.	EIGENE ERGEBNISSE 49
10.1.	Material 49
10.2.	Methode 49
10.2.1.	Genauigkeit der Methode 50
10.3.	Zahnbreitenmaße 51
10.3.1.	Mittelwerte und Standardabweichungen . 51
10.3.1.1.	Bleibende Zähne 51
10.3.1.2.	Milchzähne 52
10.3.2.	Geschlechtsdifferenzen 52
10.3.2.1.	Bleibende Zähne 52
10.3.2.2.	Milchzähne 55
10.3.3.	Extremwerte 55
10.3.3.1.	Bleibende Zähne 55
10.3.3.2.	Milchzähne 56
10.3.4.	Zahngruppen 57
10.4.	Korrelationsanalytische Untersuchungen 59
10.4.1.	Zahnbreitenrelationen 59
10.4.2.	Breitenrelationen zwischen verschiedenen Zahngruppen 62
11.	DISKUSSION 64
12.	ZUSAMMENFASSUNG 82
13.	LITERATURVERZEICHNIS 85

1. EINLEITUNG

Ein wichtiges Problem in der Kieferorthopädie besteht darin, fehlenden Platz für bleibende Zähne zu schaffen, damit sie sich korrekt in den Zahnbogen einstellen können. Ob dieses Ziel erreicht werden kann, ist hauptsächlich von zwei Faktoren abhängig: erstens von den vor allem im Frontzahnbereich vorhandenen Lücken und zweitens von der Breite der bleibenden Zähne. Auf die Verteilung und die Größe der Lücken bin ich in der vorliegenden Arbeit nicht eingegangen, was aber keinesfalls eine Unterbewertung dieses Faktors bedeuten soll.

Mit bekannten Durchschnittswerten und den dazugehörigen Standardabweichungen kann bereits eine erste wichtige Entscheidung darüber getroffen werden, ob der vorhandene Platz für einen noch nicht durchgebrochenen Zahn vermutlich ausreichen wird oder nicht. Mögliche Extremwerte schließen natürlich eine sichere Prognose aus. Sie sind von einem praktisch tätigen Kieferorthopäden stets zu beachten und stellen eine Erschwerung seiner Tätigkeit dar.

Neben der Bedeutung, die das Problem der Platzvorherbestimmung für den Frontzahnbereich hat, wird sich der Praktiker besonders für die Verhältnisse im sogenannten Stützbereich interessieren. Die Voraussage darüber, ob der vorhandene Platz für die bleibenden Zähne ausreicht, muß seine Therapie maßgeblich beeinflussen.

Im allgemeinen erfolgt die Voraussage über die Platzverhältnisse an Hand von Durchschnittswerten mehr oder weniger schematisch. Man sollte daher bemüht sein, eine Methode zu finden, die die individuellen Besonderheiten stärker berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit diesem Problem gibt es eine Reihe von Arbeiten, so von NORTHCROFT (1924), KORKHAUS und NEUMANN (1931), MOORREES et al. (1957) und LYSELL (1960). In ihnen wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen der Breite von Milch- und bleibenden Zähnen bei einem Individuum besteht und wie eng diese Bindung ist. Die Ergebnisse sind teilweise widersprüchlich.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher dieses Problem erneut in Angriff genommen.

I. ALLGEMEINER TEIL

2. BEDEUTUNG DER ZAHNBREITE BEI DER GEBISSENTWICKLUNG

Im Folgenden möchte ich chronologisch mit der Gebißentwicklung auf die Bedeutung der Zahnbreiten für die Entstehung der temporären und der definitiven Okklusionsverhältnisse eingehen.

2.1. Milchgebiß

Die Bedeutung der Milchzahnbreiten für das ^{reine} Milchgebiß kann in drei Punkten gesehen werden:

1. Obwohl spezielle Angaben über den Zusammenhang zwischen Zahnbreite und Kiefergröße in der früheren Phase der postnatalen Entwicklung fehlen, ist anzunehmen, daß die Zahnbreite für die Größenentwicklung der Kiefer ein nur unbedeutender Faktor sein kann. Die relative Unabhängigkeit dieser beiden Größen voneinander zeigt sich schon darin, daß die Formen der Neugeborenen- und Kleinkinderkiefer sehr vielfältig sind (KORKHAUS 1939, SCHWARZ 1967), selbst wenn dann im Milchgebiß ähnliche Zahnbreitenwerte zu finden sind.

Auch das fast normale Wachstum des Kieferkörpers bei oligodonten oder anodonten Patienten deutet darauf hin, daß - besonders im Unterkiefer - funktionelle Einflüsse eine geringere Bedeutung gegenüber genetischen Faktoren haben (MOORREES 1961). Etwas anders scheint dagegen die Situation - auf Grund der anatomischen Verhältnisse - im Oberkiefer zu sein. Hier ist vermutlich die regelrechte Entwicklung des Kieferkörpers eher von einem Funktionsstimulus abhängig, das über die Zähne in vielfältiger Weise vermittelt wird.

2. Eine gewisse Rolle könnte die Milchzahnbreite weiterhin bei der Verteilung des vorhandenen Platzes spielen, weil hierbei ganz allgemein die Beziehung zwischen Zahnbreite und Kiefergröße bedeutsam ist. Es könnte daher die Tendenz bestehen: je größer die Zähne, desto hochgradiger der Engstand.

Die Aussagen über die Platzverteilungsverhältnisse im Milchgebiß waren sehr widersprüchlich, mindestens bis zu den Untersuchungen von BAUME. Während man vorher annahm, daß die Milchzähne nach ihrem Durchbruch lückenlos nebeneinander aufgestellt sind, und die späterhin auftretenden Lücken ein "Reifezeichen" des Milchgebisses vor dem Zahnwechsel seien, ist heute die Anschauung gültig, daß es

- a) primär lückige und
- b) primär lückenlose Milchgebisse

gibt.

Von dieser Tatsache abgesehen, existiert wahrscheinlich ein Wachstum geringeren Ausmaßes bis zum Durchbruch aller Milchzähne. Dieses Wachstum erscheint weitgehend unabhängig von der Zahnbreite und -stellung zu sein, denn die Breitenzunahme z.B. zeigt zwischen regelrechten Gebissen und solchen mit Stellungs- und Okklusionsanomalien nur natürliche Schwankungen im Bereich der Norm (HECKMANN und HIECKE 1963).

Die Verhältnisse der Lückenverteilung, auf die auch WALTER (1948) hinweist (unterschiedliche Verteilung nicht nur zwischen Oberkiefer und Unterkiefer, sondern auch zwischen der rechten und linken Kieferhälfte) und die durch eigene Beobachtungen bestätigt werden, scheinen sehr kompliziert zu sein, denn man kann bei den von mir untersuchten Milchgebissen Lücken von unterschiedlichem Ausmaß zwischen allen Zähnen und scheinbar unabhängig von der Zahnbreite finden.

Diese Tatsachen sprechen aber gegen die oben angeführte Tendenz, daß große Milchzähne eher zu einem lückenlosen Milchgebiß führen, oder allgemeiner, daß die Zahnbreite einen starken Einfluß auf die Platzverteilung im Milchgebiß hat.

3. Wenn über die Breite der Milchzähne und ihre Bedeutung für die Gebißentwicklung gesprochen wird, so geschieht das hauptsächlich im Hinblick auf die Breite der zweiten Milchmolaren und dem daraus resultierenden Abschluß der Distalflächen dieser Zähne mit seiner Bedeutung für das Entstehen einer regelrechten Okklusion des bleibenden Gebisses.

Dieser Abschluß der Postlactealebene kann, Neutralbiß vorausgesetzt, 1. gerade (senkrecht),

2. mit einer mesialen Stufe und

3. mit einer distalen Stufe erfolgen.

Für den unterschiedlichen Abschluß der Distalflächen von m_2 kommen hauptsächlich drei Faktoren in Betracht:

- a) die Breitenrelation der Oberkieferzähne zu denen des Unterkiefers, speziell der zweiten Milchmolaren,
- b) das Ausmaß und die Verteilung der Lücken zwischen den beiden Kiefern,
- c) Kombination von a) und b).

Die meisten Autoren gehen davon aus, daß diese "Postlactealebene" in der Regel senkrecht abschließt. Aber schon ZIELINSKY (1910) erkannte, daß Abweichungen häufig sind, was später in vielen Publikationen bestätigt wurde: NEUMANN (1954) fand bei 32 Kindern 18 Kinder mit senkrechtem, 9 mit distalem und 2 Kinder mit mesialem Abschluß; die von HECKMANN und HIECKE (1963) untersuchten Kinder wiesen in ungefähr 50% der Fälle einen geraden Abschluß auf, in 22% dagegen eine mesiale Stufe, während KÜHN fast immer eine

kleine mesiale Stufe mit der daraus resultierenden primär richtigen Einstellung der Sechsjahrmolaren fand.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind wahrscheinlich einmal bedingt durch die geringe Probandenzahl, zum anderen aber - und das dürfte entscheidend sein - durch unterschiedliche Bestimmungskriterien.

Zunächst findet sich in der Literatur die Ansicht, daß der Postlactealebenenabschluß allein durch den Größenunterschied zwischen unteren und oberen zweiten Milchmolaren bedingt sei. Diese Differenz kann nach BAUME (1947) 1,0 - 4,0 mm betragen, der Mittelwert soll nach SCHWARZ (1961) bei 2,0 mm liegen. Diese Angabe, wahrscheinlich von WETZEL übernommen, erscheint mir revisionsbedürftig; meine Zahnbreitentabellen zeigen deutlich, daß der Unterschied im Mittel nur 1,0 mm beträgt.

Auch gegen KORKHÄUS (1939) ergeben sich Einwände, der die Größendifferenz zwischen m_2 im Oberkiefer und Unterkiefer als eine "Disharmonie" bezeichnet, wenn sie zu einem mesialen Abschluß der Postlactealebene führt. Er hält das Zustandekommen der regelrechten Okklusion für eine Folge des Vorgeleitens des Unterkiefers und muß daher bei primär richtiger Einstellung der Sechsjahrmolaren Prognathie und tiefen Biß befürchten.

Aus der geringen metrischen Differenz zwischen dem oberen und unteren m_2 folgt, daß sie nicht allein für die Unterschiede im Abschluß der Postlactealebene verantwortlich gemacht werden kann. Die Beobachtungen von HECKMANN und HIECKE (1963) über das Entstehen des postlactealen Abschlusses zeigten, daß dieser weniger die Folge der Zahnbreitenunterschiede zwischen den beiden Kiefern ist als vielmehr eine Frage der Lückenverteilung. KÜHN bestätigte

diese Untersuchungsergebnisse und behauptete, daß besonders das Ausmaß der größeren Lücken im Unterkiefer den Abschluß der Postlactealebene bedingt.

Wahrscheinlich können alle angeführten Faktoren eine Rolle spielen, wenn auch individuell das eine oder andere im Vordergrund stehen mag.

2.2. Wechselgebiß

Nunmehr soll der Einfluß der Zahnbreite bleibender Zähne auf das Gebiß der Wechselphase und das vollausgebildete Gebiß beschrieben und diskutiert werden:

2.2.1. Zuwachs der Molaren

Als erste bleibende Zähne brechen allgemein die Sechsjahrmolaren durch. Ich möchte in dieser Arbeit nicht näher auf die Theorien der Regelbißeinstellung eingehen, sondern nur auf die neueren Untersuchungen von NEUMANN (1954), WEISKOPF, KÜHN und HECKMANN und HIECKE (1963) verweisen.

Die Zahnbreite der M_1 ist dabei unbedeutend, denn diese Zähne stellen sich am vorläufig noch freien Ende der Milchzahnreihe ein.

2.2.2. Wechsel der Frontzähne

Die nächste Phase des Zahnwechsels vollzieht sich im Bereich der Frontzähne mit dem Durchbruch der zentralen und lateralen Incisivi. Da in diesem Falle der bleibende Zahn einen vorhandenen Platz einnimmt, spielt sowohl der Zusammenhang zwischen Milchvorgänger und Nachfolgezahn (d.h. die Breitenkorrelation) als auch die absolute Breite des bleibenden Zahnes mit den möglichen Extremwerten eine ent-

scheidende Rolle. Die Frage, ob für einen bleibenden Zahn genügend Platz zur Verfügung steht, ist nach SCHULZE (1968) von folgenden Faktoren abhängig:

1. Breite des Milchzahnes,
2. Breite der Lücken,
3. Breite des bleibenden Zahnes,
4. Ausmaß des platzschaffenden Effektes beim Durchbruch des bleibenden Zahnes,
5. Ausmaß der Vergrößerung des Zahnbogens und der Kiefer durch zahnunabhängige Wachstumsvorgänge.

Die ersten drei Faktoren sind relativ einfach metrisch zu erfassen. Eine Tabelle mit Durchschnittswerten für die Zahnbreiten und die Gleichung der linearen Regressionsgeraden kann daher eine Situationsanalyse in prognostischer, prophylaktischer und therapeutischer Hinsicht erleichtern; Extremwerte hingegen relativieren natürlich diese Aussagen.

Obwohl in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht, soll noch auf die Bedeutung der Lückenbreite und ihre Verteilung im Milchgebiß hingewiesen werden. Betrachtet man den Vorgang des Frontzahnwechsels, so steht der Größenunterschied zwischen Milch- und bleibenden Zähnen im Vordergrund. Diese Differenz wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich angegeben: Sie beträgt nach KORKHAUS und NEUMANN (1931) im Oberkiefer ungefähr 5,5 - 6,0 mm und kann Extremwerte von 4,0 - 12,0 mm erreichen; sie ist im Unterkiefer geringer und beträgt im Durchschnitt 3,8 mm (WETZEL 1933). Die von SEIPEL (1948) und MOORREES et al. (1957) gefundenen Werte für den Oberkiefer zeigen etwas größere Durchschnittsdifferenzen mit einem gewissen Unterschied für die beiden Geschlechter. Sie betragen für Knaben 7,2 mm bzw. 7,1 mm, für Mädchen 6,7 mm bzw. 6,4 mm.

Es ist das Verdienst von KORKHAUS, erstmals die Bedeutung von Entwicklungsserien und Längsschnittuntersuchungen im Hinblick auf Zahnbreitenkorrelation erkannt zu haben. In einer Untersuchung mit NEUMANN (1931) ergab sich für 54 Fälle eine schwach positive Korrelation beim Vergleich der Breiten-summe der oberen vier Milchincisivi und der Breiten-summe ihrer Ersatzzähne: Im allgemeinen haben schmale Milch-zähne auch schmale bleibende Zähne im Gefolge. Im indivi-duellen Fall können aber erhebliche Unterschiede bestehen, die eine Prognose mit hohem Risiko belasten. Andere korre-lationsanalytische Untersuchungen, auf die später eingegan-gen wird, führten zu ähnlichen Ergebnissen.

Die Notwendigkeit, dieses Problem an Längsschnittuntersu-chungen weiter zu verfolgen, ergibt sich auch aus der Tat-sache, daß der von MÜHLREITER (1912) zitierte R. BAUME ein umgekehrt proportionales Größenverhältnis für die Milch-zähne und die bleibenden, also auch die Incisivi, konsta-tiert hat, ohne seine Behauptung mit klinischem Material und dazu gehörigen Zahlenangaben zu belegen.

Die Größendifferenz zwischen den Schneidezähnen beider Den-titionen hat in vieler Hinsicht eine große Bedeutung, wie es z.B. WITT und ERHARDT (1970) für die Durchbruchsgeschwin-digkeit mit einer statistisch gesicherten Untersuchung nachwiesen: Je größer die negative Differenz zwischen Platz-angebot und später zu messender Breite ist, desto mehr ver-zögert sich der Zahnwechsel.

Aber auch vielfältige Einzelzahnabweichungen können die Folge ungünstiger Größenrelationen sein. Außerdem kommt dem Zahnbreitenunterschied noch eine wichtige Aufgabe für das Wachstum der Zahnbögen in transversaler und sagittaler Rich-tung zum Zeitpunkt der ersten Wechselgebißphase zu. Die Ab-

grenzung gegen ein gleichzeitiges zahnunabhängiges Kieferwachstum ist sehr problematisch (siehe dazu NEUMANN 1954 und auch die Arbeit von MOORREES "Genetische Gesichtspunkte der Gebißentwicklung", in der die Rolle der Vererbung für diese Wachstumsvorgänge hervorgehoben wird).

Aus der Prognose der Breitendifferenz werden in den älteren Publikationen bestimmte Therapievorschläge abgeleitet: Sie laufen meist auf ein Dehnen der Kiefer hinaus, wobei von BAUME (1948) angegeben wird, daß eine Dehnung über 5,0 mm unphysiologisch sei, da die gröſste von ihm (!) gemessene spontane Verbreiterung der intercaninen Distanz 4,5 mm betrug.

2.2.3. Wechsel in der Stützzone

Besondere Bedeutung gewinnt das Problem, ob der vorhandene Platz für die bleibenden Zähne ausreicht, in der zweiten Wechselgebperiode, d.h. bei der Einstellung von Eckzähnen und Prämolaren. Unkorrekte Entwicklungen haben hier Störungen der Okklusion und Artikulation zur Folge. Solche Fehlentwicklungen können bedingt sein durch:

1. Zusammenbruch der Stützzone (Karies - vorzeitiger Verlust oder Extraktion - unterminierende Resorption durch I_2 oder M_1 - traumatischer Verlust).
2. Ungünstige Reihenfolge beim Zahnwechsel, vor allem im Oberkiefer (C bricht gegenüber P_2 verzögert durch, z.T. bedingt durch eine falsche Keimlage der C).
3. Unterzahl oder Entwicklungsschwchen der P_2 (Verkmmerng - verspätete Mineralisation - falsche Keimlage - verzögerter Durchbruch)

4. Störungen im Bereich der Incisivi (Unterzahl der I_2 - Überzahl-Protrusion und Retrusion der I_1 und I_2 - über-große Incisivi).
5. Überschubbildungen im Stützzonenbereich (Verriesung - Zwillingbildung - Überzahl - Odontom).
6. Zysten.

Bei Fehlentwicklungen, besonders solchen geringen Grades, muß es nicht immer zu einer Störung kommen, da beim Wechsel der Stützzonenzähne Platz gewonnen wird, der von den Auto-ren populations- und geschlechtsspezifisch unterschiedlich angegeben wird. Zum Teil mögen die Unterschiede auch auf verschiedene Meßmethoden zurückzuführen sein. Es erscheint müßig, einzelne Zahlenangaben zu zitieren, die teilweise nur um Zehntelmillimeterwerte differieren. Allgemein soll der mittlere Platzgewinn im Oberkiefer 1,0 - 1,5 mm, im Unterkiefer 2,0 - 2,5 mm betragen und bei den Mädchen etwas größer sein als bei den Jungen. Dieser Platzüberschuß be-deutet einen natürlichen Sicherheitsfaktor; das unterschied-liche Ausmaß zwischen Ober- und Unterkiefer kann darüber hinaus zur Ausbildung der regelrechten Verzahnung beitragen. In der Regel ist der bleibende Eckzahn in beiden Kiefern ungefähr 1,0 mm größer (bei Jungen etwas mehr, bei Mädchen weniger) als sein Milchvorgänger. Der erste Milchmolar im Oberkiefer ist ungefähr ebenso breit wie sein Nachfolger; in der Mehrzahl der Fälle ist der Milchzahn eher ein wenig größer. Der zweite Oberkiefermilchmolar ist etwa 2,0 mm größer als P_2 .

Im Unterkiefer ist der erste Prämolare etwas kleiner als m_1 , und P_2 ist ungefähr 2,0 mm kleiner als der zweite Milch-molar.

Obwohl der Vorgang des Zahnwechsels in der Stützzone eine Sicherheitsspanne einschließt, muß auf eine mögliche ungünstige Entwicklung hingewiesen werden: Es gibt seltene Fälle, bei denen sogar im Unterkiefer die bleibenden Zähne im Stützzonenbereich größer sind als ihre Milchvorgänger.

Im Zusammenhang mit der Stützzone muß noch auf einen Gesichtspunkt aufmerksam gemacht werden: Die Größe der Stützzone wird oft nicht aus der Summation der Einzelzähne berechnet, sondern es wird der Abstand zwischen der distalen Kante des lateralen Schneidezahnes und der mesialen Kante des ersten Molaren gemessen. Diese Breite wird meist mit 21,0 - 22,0 mm angegeben, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß diese gemessene Distanz etwas zu klein ist, da die Zähne entsprechend der Form des Zahnbogens in einem leichten Bogen aufgereiht sind.

3. METHODEN DER BREITENVORHERBESTIMMUNG

Zur Ermittlung des notwendigen Platzes werden verschiedene Methoden benutzt:

3.1. Mittelwerte (und Standardabweichungen)

Man legt der Berechnung Durchschnittswerte zugrunde, d.h., man benutzt bekannte Breitenwerte, aber ohne Kenntnis bzw. Sicherheit darüber, ob diese Angaben für das eigene Klientel zutreffen. Weiterhin muß bedacht werden, daß ein Durchschnittswert nur dann eine Aussagekraft erlangt, wenn man die mögliche Schwankungsbreite (Standardabweichung, standard deviation) berücksichtigt. Eine gewissenhafte Prognose muß die Schwankungsbreite immer in das prognostische Kalkül einbeziehen.

Die oben angeführte Methode ist sicher die gebräuchlichste und einfachste; die Fehlermöglichkeiten sind relativ groß.

3.2. Korrelationsanalyse

Die Methode von BALLARD et al., wegen der nicht erreichbaren Originalpublikation nach SMITH et al. (1964) und SCHULZE (1968) zitiert, hat die individuellen Unterschiede stärker berücksichtigt. Danach berechnet man die Breite der Stützzone nach folgender Formel:

$$SST = \frac{SI_{UK}}{2} + 10$$

(SI = summierte Breite der vier Schneidezähne;

SST = summierte Breite der Zähne C, P₁ und P₂)

Die Autoren gehen aufgrund der Untersuchungen von 441 Individuen also davon aus, daß breite Schneidezähne mit breiten

Seitenzähnen einhergehen und umgekehrt. Die eigenen Untersuchungen (s.u.) ergaben überraschend ähnliche Ergebnisse.

Wenn Einzelbefunde auch gegen diese Beobachtungen sprechen mögen, so zeigen die eigenen signifikanten Ergebnisse, daß diese Methode eine brauchbare Möglichkeit der Platzvorausbestimmung darstellt.

Gegner dieser Methode sind z. B. BROEKMAN und v. AKEN (1965), die nachweisen, daß, ausgehend von der Breite des oberen I_1 , die Länge der Oberkieferstützzone um fast 2,0 mm variieren kann. Dieses Ergebnis überrascht nicht, wenn man bedenkt, daß hier ein einzelner, relativ großen Breitenschwankungen unterworfenen Zahn Grundlage der Berechnung ist.

5

3.3. Vermessen von Röntgenbildern

Bei einer Reihe von Methoden werden zur Prognose der Platzverhältnisse Röntgenbilder herangezogen:

a) Methode nach OLDFATHER (nur für den Unterkiefer):

Von der im Röntgenbild gemessenen Breite der Prämolaren wird unter Berücksichtigung der individuellen Schneidezahnbreite auf die Breite der gesamten Stützzone geschlossen. Sie soll nach STÄHLE (1958) die genaueste Methode sein (Korrelationskoeffizient $R = 0,88$) und um 25 % genauer als eine ausschließliche Korrelationsrechnung.

b) Methode nach NANCE:

Er erhält die Breite des Nachfolgezahnes durch Vermessung im Röntgenbild und ergänzt bei verprojizierten Zähnen - das gilt besonders für den Eckzahn - durch Rückgriff auf die Durchschnittswerte.

c) Methode nach STÄHLE:

Von der im Röntgenbild gemessenen Breite der Prämolaren werden wegen der projektionsbedingten Vergrößerung im Oberkiefer je 0,5 mm, im Unterkiefer je 0,6 mm subtrahiert. Zur Bestimmung der Eckzahnbreiten werden folgende Formeln benutzt:

$$C_{OK} = 9/10 \text{ der Breite von } I_1$$

$$C_{UK} = 4/5 \text{ der Breite von } I_1$$

Alle Röntgenmethoden setzen einwandfreie Röntgenbilder voraus, die nach STÄHLE (1958) folgende Kriterien erfüllen müssen:

1. Scharfe Begrenzung beider Approximalseiten,
2. Beide Bicuspidatenhöcker sollen möglichst in der Zahnachse liegen,
3. Zahnachse und Verbindungslinie der Kontaktpunkte sollen möglichst senkrecht aufeinanderstehen.

Die Praxis zeigt, daß es sehr schwierig ist, solche Röntgenbilder herzustellen, zumal Wiederholungen einer Aufnahme aus prinzipiellen Erwägungen (Strahlenbelastung) nicht ratsam erscheinen. Auch bleibt es trotz Erfüllung der oben angeführten Bedingungen problematisch, wie weit nicht doch eine Verzeichnung der realen anatomischen Situation - im Oberkiefer vor allem wegen des ovalen Kronendurchmessers des Eckzahnes und allgemein wegen der unterschiedlichen Entfernung Objekt - Film, aufgetreten ist.

Wichtig ist aber dabei besonders die Frage, in welcher Richtung sich der Projektionsfehler bemerkbar macht: STÄHLE mißt, daß das Röntgenbild immer eine Vergrößerung der eigentlichen Zahnbreite bewirkt. Dem widerspricht NANCE, der

auch Fälle fand, in denen die im Röntgenbild gemessene Breite zu gering war. NAWRATH (1968) bemerkt zu diesem Problem außerdem, daß durch das Vermessen der Röntgenbilder eine Genauigkeit der Breitenvoraussage auf 0,5 mm nicht gewährleistet ist.

Wegen dieses Projektionsfehlers hat sich die Berner Schule um eine Verbesserung des Röntgenverfahrens bemüht, wie auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie 1971 berichtet wurde: Man benutzt eine Langkonusröhre, die intraorale Bilder der Stützzone mit "wenig Verzerrung" ergibt, so daß der einzelne Zahn ohne größeren Korrekturfaktor bestimmbar sein soll. Auch dabei soll aber die Eckzahngröße aus Relationen zu den oberen und unteren Schneidezähnen berechnet werden. Dieses Verfahren erscheint aufwendig, und die Untersuchungen von BROEKMAN und v. AKEN (1965) zeigen zudem, daß eine Größenvoraussage des Eckzahnes auf $\pm 0,8$ mm genau bei bekannter Schneidezahngröße nur für 2/3 aller Fälle zutreffend sein kann. Wegen der Rechts-Links-Differenzen darf nach diesen Autoren auch nicht die Größe des einen Eckzahnes mit der des anderen als identisch angesehen werden.

3.4. Kombinierte Methode

Am brauchbarsten scheint eine kombinierte Methode zu sein: Man verwendet zur Voraussage des notwendigen Platzbedarfes eines Zahnes bzw. einer Zahngruppe Durchschnittswerte mit den dazugehörigen Schwankungsbreiten und verbessert die Aussage durch Benutzung bestimmter Regressionsgleichungen. Die Anwendung von Korrelationen ist nicht neu. MOORREES et al. (1957) geben eine Korrelationstabelle an und leiten daraus ein Nomogramm ab. Daraus kann bei bekannter Milch-

zahnbreite der Breitenwert des Folgezahnes entnommen werden. Auch bei SMITH et BERNARD (1964) finden sich Tabellen zur Bestimmung der Stützzonenbreite aufgrund korrelativer Beziehungen zur SI_{UK} . Um aber vor Extremvarianten geschützt zu sein, sollte man in jedem Falle auch das intraorale Röntgenbild heranziehen, zumal es im Wechselgebiß sowieso anzufertigen ist.

4. KORRELATIONSANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN

Korrelationstheoretische Untersuchungen sind in der Zahnheilkunde seit geraumer Zeit durchgeführt worden. Die ältesten Arbeiten dazu bezogen sich auf die transversalen Meßwerte, die aus einer bekannten Schneidezahnbreite abgeleitet wurden. Die Untersuchungen von PONT an den eher brachycephalen Südfrenzen wurden von LINDER und HARTH für den Bonner Raum mit einer Bevölkerung des eher dolichocephalen Typs wiederholt, und nach den Ergebnissen wurden die ursprünglichen Proportionalitätsfaktoren modifiziert. Diese Korrelationen waren fast von Beginn an einer gewissen Kritik unterworfen.

GREVE (1933) publizierte in einer ausführlichen Arbeit aufgrund einer Untersuchung seines Doktoranden Franz BERGER als Ergebnisse, daß selbst bei einer Schwankung des Istwertes von $\pm 2,0$ mm noch immer fast 40% aller Probanden Abweichungen vom Sollwert des Pontschen Index zeigten.

Seit Bekanntgabe der Modellanalyse nach FLOCK et al. wird das Verhältnis $SI_{OK} : SI_{UK}$ berechnet, um damit die Abgestimmtheit der beiden Frontzahngruppen zu einander zu ermitteln. Die Formel von FLOCK: $SI_{UK} = SI_{OK} \times 0,74$ wurde von JAECKEL auf die praktischere Angabe $SI_{UK} = SI_{OK} \times 3/4$ gebracht. Die eigenen Untersuchungen ergeben einen Proportionalitätsfaktor von 0,72 für Jungen und 0,71 für Mädchen.

Diese Durchschnittswerte dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, daß das Verhältnis $SI_{OK} : SI_{UK}$ stark variieren kann, wie z.B. die Untersuchung von BIRKENHOVEN (1955) zeigte. Die Autorin gab für 35 Deckbißfälle ein Verhältnis von 1 : 0,65 bzw. 1 : 0,67 an. Aber selbst bei "normalen" Gebissen kann es starke Schwankungen geben, wie die Arbeit

von HANUSCHKE (1952) zeigte, die Extremwerte von $1 : 0,60$ bis $1 : 0,86$ fand. Diese Werte müssen allerdings mit einer gewissen Skepsis betrachtet werden, da die Autorin an anderer Stelle mitteilte, daß sie als Extremwerte für SI_{OK} Werte von $22,0$ mm gefunden habe. Nach eigener Kenntnis sind solche Breitenwerte bei "normalen" Gebissen nicht zu finden. Interessant ist aber ihre Angabe, daß von 614 Fällen nur rund 42% innerhalb der Grenzen von $1 : 0,72$ bis $1 : 0,77$ liegen, was auf die eingeschränkte Bedeutung dieser Relation für die Praxis hinweist.

Die bisher zitierten Korrelationen sind allgemein bekannt und werden häufig benutzt. Im Folgenden soll nun über weniger bekannte Korrelationen berichtet werden. Hier waren es wahrscheinlich die Brüder Friedrich und Walter LUX (1931 und 1933), die als erste korrelationsanalytische Untersuchungen über die Größenbeziehung einzelner Zähne zu einander durchführten.

Ihre erste Arbeit (1931) beschäftigte sich mit dem Verhältnis $I_1 OK : I_2 OK$ und $I_1 OK : I_1 UK$, getrennt nach Geschlechtern. Die ermittelten R-Werte lagen zwischen $0,40$ und $0,59$. In späteren Publikationen (1933) wurden Ergebnisse über die Verhältnisse der Nachbarzähne zu einander ($I_1 OK : I_2 OK$; $I_2 OK : C_{OK}$ usw.) und über die intermaxillären Beziehungen ($I_1 OK : I_1 UK$; $I_2 OK : I_2 UK$ usw.) veröffentlicht, die Korrelationskoeffizienten betrugen zwischen $0,15$ und $0,67$.

Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß die intramaxillären Beziehungen (horizontale Relationen nach STÄHLE) nicht so eng sind wie die intermaxillären (vertikale Relationen), was mit Einschränkung auch die eigenen Untersuchungen zeigen.

Die Behauptung von F. LUX, daß bei "primitiveren" Völkern höhere Koeffizienten zu finden seien, ist wahrscheinlich Spekulation; jedenfalls wurde der Beweis nicht angetreten. Auch der Hinweis, die Korrelation der Nachbarzähne zu einander sei im Unterkiefer größer, weil der Unterkiefer sich als einheitlicher Knochen entwickle, die Gefäßversorgung weniger kompliziert und der Unterkiefer überhaupt durch seine feste Corticalis weniger variabel sei, scheint mehr als spekulativ. Vermutlich sind genetische Faktoren von primärer Bedeutung, wobei allerdings die Art und Weise der genetischen Einflußnahme bisher noch so gut wie unbekannt ist.

In späteren Untersuchungen wurde z.B. versucht, Relationen zwischen Ober- und Unterkieferzähnen bei eugnathen und anomalen Gebissen herzustellen (RITTER 1922) bzw. Relationen zwischen einzelnen Zahngruppen (TONN 1937). Die Arbeit von RITTER erbrachte relativ hohe Korrelationskoeffizienten von 0,67 bzw. 0,82, wobei erstaunlicherweise die größere Korrelation zwischen den summierten Zahnbreiten des Oberkiefers zu denen des Unterkiefers bei dysgnathen Gebissen zu finden war. Die Erklärung dafür ist eventuell in der geringen Meßgenauigkeit (Messungen auf $\pm 0,25$ mm genau bei einer relativ geringen Zahl $n = 100$) zu suchen. RITTER kam schließlich zu dem Ergebnis, daß ein Größenmißverhältnis der Ober- und Unterkieferzähne zueinander in seltenen Fällen für das Entstehen von Anomalien verantwortlich gemacht werden kann. Die von TONN ermittelten Werte stimmen bis auf 0,1 - 0,2 mm mit den eigenen Ergebnissen überein.

$$\begin{aligned} \text{TONN:} \quad SI_{OK} : SI_{UK} &= 1 : 0,74 \\ C_{OK} : C_{UK} &= 1 : 0,866 \\ P_{1+2 OK} : P_{1+2 UK} &= 0,959 : 1 \end{aligned}$$

SEIPEL (1948) griff erneut auf die Methode der Korrelationsrechnung zurück und berechnete zwischen den oberen Schneidezähnen und den Eckzähnen sowie dem ersten und dem zweiten Prämolaren Korrelationskoeffizienten von $0,53 \pm 0,029$ bis $0,59 \pm 0,093$. Er zog daraus den Schluß, daß dieser Zusammenhang eine brauchbare Vorhersage des nötigen Platzes der einzelnen Seitenzähne erlaube. Da der Korrelationskoeffizient für das Verhältnis $I_1 \text{ OK} : P_{1+2} \text{ OK}$ hingegen nur $0,34 \pm 0,045$ beträgt, erschien ihm eine Voraussage über den Platzbedarf der Seitenzähne in ihrer Gesamtheit zu unsicher. Die vom selben Autor errechnete "vertikale" Relation zwischen den summierten Zahnbreiten aller Oberkieferzähne von I_1 bis P_2 zu den entsprechenden Zähnen des Unterkiefers beträgt $R = 0,77$.

Abschließend müssen noch die Arbeiten von MOORREES et al. (1957), LYSELL (1960) und GARN, LEWIS und KERESKY (1965) Erwähnung finden, wobei besonders die erste in vieler Hinsicht meine eigene Untersuchung beeinflußt hat. Wenn auch schon die Publikation von KORKHAUS und NEUMANN (1931) das Verhältnis von Milchschneidezähnen zu den bleibenden Schneidezähnen behandelte, wobei von einer schwach positiven Korrelation mit starken individuellen Schwankungen berichtet wird, so ist die Arbeit von MOORREES et al. aus dem Grunde bedeutsam, weil hier an einer größeren Zahl ($n = 121 - 130$) das Verhältnis der Zahnbreiten beider Dentitionen zueinander verglichen wurde, und zwar nicht nur für die Frontzähne, sondern auch für den Seitenzahnbereich.

Die von MOORREES und Mitarb. gefundenen Korrelationskoeffizienten liegen in der Größenordnung von $0,26 \pm 0,12$ bis $0,65 \pm 0,07$ und differieren damit signifikant von Null. Eine Ausnahme stellt das Verhältnis $i_2 \text{ OK} : I_2 \text{ OK}$ dar, denn

der R-Wert beträgt hier nur $0,23 \pm 0,12$ und ist statistisch nicht signifikant.

In den eigenen Untersuchungen trifft diese Ausnahme für das Verhältnis der gleichnamigen Zähne des Unterkiefers zu. Als Korrelationskoeffizienten für die summierten Zahnbreiten $m_2 - m_2 : P_2 - P_2$ ergaben sich bei MOORREES et al. R-Werte, die gering größer waren als die Einzelzahnkorrelationen ($R = 0,49 \pm 0,10$ bis $0,69 \pm 0,07$).

Zwischen der oben angeführten Arbeit und den Untersuchungen von LYSELL (1960) lassen sich viele Parallelen finden; die Korrelationskoeffizienten für die Seitenzähne sind im Durchschnitt allerdings etwas größer und entsprechen daher eher den vorliegenden Ergebnissen der eigenen Messungen.

Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß bei den Autoren MOORREES et al. und LYSELL die Korrelationskoeffizienten getrennt nach den Geschlechtern berechnet wurden. MOORREES fand dabei die höheren Korrelationskoeffizienten bei den Mädchen (ebenso LUX und LUX 1931), während es bei LYSELL die Jungen waren. Wegen der relativ kleinen Zahlen besteht eine gewisse Möglichkeit, daß diese Ergebnisse mehr zufälliger Natur sind. Andererseits steht die Aussage, daß die höheren R-Werte beim weiblichen Geschlecht zu finden sind, in Einklang mit den Ergebnissen von GARN et al. (1960), die vermutlich aufgrund der gleichen Heterosomen XX eine größere Homogenität bei den Mädchen gegenüber den Jungen mit dem Chromosomenpaar XY fanden. In der eigenen Untersuchung habe ich auf diese Trennung nach Geschlechtern bewußt verzichtet, da einzelne Probandenzahlen für eine verlässliche statistische Auswertung zu klein geworden wären.

In der Arbeit von LYSELL (1960) wurden dann noch das korrelative Verhältnis zwischen den beiden Hälften des Oberkiefers sowie des Unterkiefers untersucht, ebenso wie die Relation zwischen Ober- und Unterkiefer, d.h. die vertikale Relation. Es ergaben sich dabei R-Werte zwischen $0,49 \pm 0,15$ und $0,76 \pm 0,09$.

LYSELL schließt daraus, daß ein enger Zusammenhang zwischen der linken und rechten Kieferhälfte sowohl bei den Milch- als auch bei den bleibenden Zähnen besteht, ebenso wie zwischen Maxilla und Mandibula. Es kann daher, ausgehend von der Breite der summierten Seitenzähne einer Seite oder eines Kiefers, die Breite der gleichen Zahngruppe der anderen Seite bzw. des anderen Kiefers gut bestimmt werden.

Die Untersuchungen von GARN et al. (1965) unterscheiden sich besonders im Hinblick auf die Interpretation deutlich von den anderen zitierten Arbeiten. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Innerhalb eines Kiefers gibt es drei bestimmte Felder (des genetischen Einflusses); diese Felder sind durch folgende Zähne gekennzeichnet: I_1 und I_2 , P_1 und P_2 , M_1 und M_2 , wobei aber diese Gruppen in sich wieder heterogen sein können. Die zwischen allen Zähnen aufgestellten Korrelationen sind innerhalb einer solchen Klasse am engsten und besonders stark bei den weiter mesial stehenden Zähnen, d.h., die einzelnen, weiter distal stehenden Zähne sind bei ihrer Breitenausbildung autonomer. Vermutlich stellen auch die beiden Kiefer je ein eigenes Feld dar.

Die korrelationstheoretischen Methoden haben neue Möglichkeiten der kieferorthopädischen Diagnose, Prognose und Therapie eröffnet. Dennoch ist ihre Wertung umstritten. MOORREES et al. (1957) schließen ihre Arbeit mit der Feststellung,

daß das von ihnen entwickelte Nomogramm für die Zahnbreitenvoraussage nur von theoretischer Bedeutung ist, während sich für den praktischen Gebrauch eher die Röntgenaufnahme empfiehlt.

Die eigenen Untersuchungen mit den relativ höheren Korrelationskoeffizienten, die unter Umständen auch eine Folge der verfeinerten Meßtechnik sind, erlauben möglicherweise eine positivere Interpretation. Das Röntgenbild stellt sicher ein weiteres Diagnosehilfsmittel dar, die Bewertung muß allerdings wegen möglicher Projektionsfehler ebenfalls vorsichtig erfolgen. Daher bin ich der Meinung, daß von den bisher zur Verfügung stehenden Methoden die Korrelationsanalyse mit einer sich daraus entwickelnden linearen Regressionsgleichung wertvolle Vorteile aufweist.

Schließlich soll noch vermerkt werden, daß immer wieder Versuche unternommen wurden, um Korrelationen zwischen verschiedenen Zahndimensionen und sonstigen Körpermaßen herzustellen. Die Ergebnisse erscheinen aber meist recht vage, und sie bringen kaum einen echten Nutzen für den praktischen Bedarf. VOGEL und REISER (1960) fanden Zusammenhänge zwischen Zahnbreite und Geburtsgewicht, Körpergröße, Unterkieferwinkelbreite, Jochbeinbreite usw.

5. GESCHLECHTSSPEZIFISCHE DIFFERENZEN

Das folgende Kapitel soll sich mit den geschlechtsspezifischen Differenzen des mesio-distalen Zahndurchmessers beschäftigen.

Schon 1884 löste die von dem Anthropologen SCHAAFHAUSEN aufgestellte Behauptung, daß die oberen zentralen Schneidezähne bei Frauen größer als bei Männern seien, den Einspruch des Zahnmediziners PARREIDT (1884) aus, der sie mit eigenem Material von 100 zufällig ausgewählten Männern und Frauen widerlegte.

Der sich entwickelnde Streit zog sich längere Zeit hin. Die von PARREIDT gefundene Differenz von 0,14 mm erscheint uns heute zu klein, denn sie ist nach neueren Publikationen wesentlich größer, z.B. bei MOORREES et al. (1957) 0,38 mm und in der eigenen Untersuchung 0,34 mm. PARREIDT stellte bei seinen Ergebnissen schon eine Übereinstimmung mit MÜHLREITER fest. Dieser Autor geht in seiner "Anatomie des menschlichen Gebisses" (1912) ausführlicher auf bestehende Geschlechtsunterschiede ein und kommt daher zu dem Ergebnis, daß man allein aufgrund der Breitendifferenz einen männlichen und weiblichen Gebißtypus unterscheiden kann. Beim männlichen sei der obere Eckzahn fast so breit wie der obere zentrale Schneidezahn, beim weiblichen Typ ist der Unterkiefer Eckzahn kaum breiter als der untere laterale Schneidezahn.

Diese Einteilung scheint mindestens stark übertrieben, da nur 58% der untersuchten Probanden in dieses Schema hineinpaßten, während 18% ein umgekehrtes Verhalten zeigten und 24% "indifferent" waren. Auch die von MÜHLREITER selbst an-

gegebenen Durchschnittswerte können seine Behauptung nicht unterstützen (Knaben: $I_1_{OK} = 8,51 \text{ mm}$, $C_{OK} = 7,8 \text{ mm}$; Mädchen: $I_2_{UK} = 5,8 \text{ mm}$, $C_{UK} = 6,7 \text{ mm}$ - letzteres gilt allerdings für Mädchen und Knaben).

Die Geschlechtsunterschiede des Merkmals Zahnbreite werden in fast allen odontometrischen Werken hervorgehoben. Dabei ist die Tendenz erkennbar, daß die Zähne der Knaben im allgemeinen breiter sind als die der Mädchen.

Die geschlechtsspezifische Differenz macht sich bei den Milchzähnen weniger bemerkbar als bei den bleibenden Zähnen, wo sie am ausgeprägtesten für den Eckzahn ist (MÜHLREITER 1912, DE JONGE COHEN 1918, JANZER 1927). Der Geschlechtsunterschied ist bei den bleibenden Zähnen fast immer statistisch signifikant, bei den Milchzähnen nicht.

Abweichend von vielen Untersuchern kamen VOGEL und REISER (1960) zu dem Ergebnis, daß bei den von ihnen gemessenen Zähnen (im Oberkiefer I_1 und I_2 , im Unterkiefer M_1) keine Geschlechtsunterschiede zu finden waren. Die eigene Arbeit ergibt zwar das gleiche Resultat für den oberen lateralen Schneidezahn, ansonsten lassen sich die Ergebnisse jedoch nicht bestätigen. Eigenartigerweise ist bei dieser Untersuchung auch eine relativ große Differenz der Mittelwerte zwischen einer etwa gleich großen Gruppe von eineiigen und einer Gruppe von zweieiigen Zwillingen zu verzeichnen (z.B. M_1_{UK} fast $0,2 \text{ mm}$). Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß unter Umständen die Meßmethodik zu Ungenauigkeiten geführt hat und daher die Geschlechtsdifferenzen nicht erkennbar waren.

Auch die Autoren TONN (1937) und OSBORNE et al. (1958) behaupteten, daß im Hinblick auf die Zahnbreite dem Geschlechts-

unterschied keine Bedeutung zukommt. Bei den Untersuchungen des finnischen Autors ALVESALO (1971) ergaben sich für die 5% Fehlergrenze ebenfalls keine Differenzen zwischen Jungen und Mädchen, die, wenn überhaupt, nur bei den Eckzähnen zu verzeichnen waren.

Abschließend soll noch GONDA (1959) angeführt werden, der in einer umfangreichen Arbeit (Untersuchung von 3000 japanischen Jungen und etwa gleichviel Mädchen) dem Problem der Geschlechtsunterschiede nachgegangen ist, das sich auch bei anderen Zahnmerkmalen, wie z.B. Kronenlänge, -dicke, Wurzel- und totale Länge bemerkbar machen soll. Seine Ergebnisse sind eine Bestätigung der eigenen Untersuchungen:

1. Jungen weisen bei fast allen Zahndimensionen die größeren Maße auf.
2. Die Geschlechtsdifferenz ist am deutlichsten ausgeprägt bei den Canini, geringer bei den Incisivi und Prämolaren.
3. Der geschlechtsspezifische Unterschied ist am geringsten bei der Kronenbreite, am deutlichsten bei der Wurzellänge.
4. Andere Merkmale der allgemeinen "Konstitution" zeigen größere Geschlechtsunterschiede.

Der Autor gab weiter an, daß die prozentuale Differenz bei den oberen lateralen Incisivi gleich 0 war und bestätigte damit die eigenen Untersuchungen. Auch die statistisch gut ausgewertete Arbeit von BARRETT et al. (1963) ergab, daß für alle Zähne - außer P_2 im Unterkiefer - signifikante Geschlechtsunterschiede bestehen. Die angegebenen Ausnahmen in der sonst relativ einheitlichen Reihe der Differenzen sind schwer erklärbar, vermutlich aber genetischer Natur,

zumal es sich hierbei um Zähne handelt, die häufig von Unterzahl und Größenreduktion (auf genetischer Grundlage) betroffen sind.

Diese geschlechtsspezifischen Differenzen sind bei jeder kieferorthopädischen Behandlung von Bedeutung und daher wurden auch hier die Zahnbreiten für Jungen und Mädchen getrennt berechnet.

6. POPULATIONSSPEZIFISCHE DIFFERENZEN

In vielen odontometrischen Werken taucht die Frage auf, ob ein Unterschied der Zahnbreite zwischen verschiedenen Populationen besteht. Tatsächlich sind zwischen den Messungen, die von verschiedenen Untersuchern an verschiedenen Populationen durchgeführt wurden, mehr oder minder starke Differenzen deutlich zu erkennen. Diese Unterschiede dürften teilweise durch methodische Verschiedenheiten bedingt sein, d.h., durch die Auswahlkriterien des Probandenmaterials, die Definition des größten mesio-distalen Durchmessers, die Genauigkeit der Meßgeräte und schließlich die Exaktheit des Untersuchers.

Aus diesen Gründen halte ich es nicht für gerechtfertigt, wenn kleinere Differenzen als populationsspezifische Merkmale interpretiert werden. Die in den Tabellen 6 - 15 unter dem Doppelstrich aufgeführten Autoren haben ihre Messungen an einem nicht europäischen Klientel durchgeführt. Es zeigen sich in einigen Fällen deutliche Unterschiede, die aber ebenso zwischen den Meßergebnissen derjenigen Autoren zu finden sind, die Probanden europäischer Herkunft untersucht haben (siehe dazu Tabelle 6 - 15 über dem Doppelstrich).

Nach meiner Überzeugung sind vor allem zwei Arbeiten von Bedeutung. Die erste stammt von DE TERRA (1905), der an einem großen Schädelmaterial (1000 Schädel mit 15.000 Zähnen) eine wahrscheinlich hinreichend genaue Untersuchung durchgeführt hat. Es zeigten sich dabei zwischen einzelnen Rassen gravierende Unterschiede, und dennoch meinte DE TERRA, "daß die Dimensionen der Zähne kein für die Rassen-Diagnose massgebendes Merkmal sind". Dieser Satz kann so ausgelegt werden, daß von der Zahngröße eines Individuums nicht auf seine Zugehörigkeit zu einer bestimmten Popula-

tion geschlossen werden kann, zumal es dabei völlig unklar bleibt, ob nicht eventuell ein Extremwert vorliegt. Auch bei Aussagen über die "Rassen"-Angehörigkeit nach Untersuchung einer kleinen Probandenzahl bestehen Zweifel, denn nur bei einer Vermessung in größerem Maßstab läßt sich möglicherweise ein gewisser Trend erkennen.

In der Arbeit von DE TERRA zeigte sich, daß es Populationen gibt, die "überdurchschnittlich" große Zähne aufweisen, wie z.B. die australische Urbevölkerung. Dieses Ergebnis wurde später von JANZER (1927) und von BARRETT et al. (1963) bestätigt. Andere Populationen sind dagegen durch relativ kleine Zähne gekennzeichnet (z.B. Buschmänner und Lappen nach SCOTT und SYMONS 1971). Die von DE TERRA gefundenen Extremwerte widerlegen im übrigen die später von MÜHLREITER (1912) aufgestellte Behauptung, daß "niedere" Rassen sich durch größere Gleichförmigkeit der Zahngrößendimension auszeichnen.

Die zweite Arbeit, die Erwähnung finden muß, ist von MOORREES (1957) verfaßt, der in dem Buch "The Aleut Dentition" detaillierte Auskünfte über die Eskimos der Aleuten gibt. Das Ergebnis seiner Untersuchung war, daß hier populationspezifische Unterschiede nicht immer signifikant waren, sich aber bei Männern eher feststellen ließen als bei Frauen. Dieser Befund von MOORREES ist deswegen so aussagekräftig, weil er etwa zur selben Zeit mit einigen Mitarbeitern eine große Untersuchung an amerikanischen Kindern gemacht hat.

Abschließend möchte ich noch feststellen, daß manche Differenzen zwischen verschiedenen Messungen "Rassenunterschiede" lediglich vortäuschen können, weil selbst innerhalb einer

"rassisch" fast homogenen Population statistisch signifikante Meßdifferenzen vorkommen (siehe LUNDSTRÖM 1948 und SEIPEL 1948).

Unterschiede sind aber bereits zwischen verschiedenen Sippen und Familien zu finden und sind Ausdruck der natürlichen, individuellen Vielfalt. Vom Individuum aus kann nie auf seine Zugehörigkeit zu einer bestimmten Populationsgruppe geschlossen werden. Untersuchungen eines grossen Materials unter gleichen Bedingungen ergeben häufig nur unbedeutende Differenzen.

Auf der anderen Seite sprechen die umfangreichen und sorgfältigen Untersuchungen von DE TERRA (1905) und MOORREES (1957) dafür, daß zwischen verschiedenen Populationen tatsächlich Differenzen der Zahnbreite vorkommen können. Um aber ein abschließendes Urteil fällen zu können, erscheint es mir erforderlich, weitere Untersuchungen mit einer vereinheitlichten odontometrischen Meßmethodik durchzuführen.

7. HALBSEITENDIFFERENZEN

Im folgenden Abschnitt sollen die Differenzen zwischen dem gleichen Zahn in der rechten und in der linken Kieferhälfte behandelt werden. Sie kommen in vielen Publikationen zur Sprache und sind ebenfalls umstritten.

In der neueren Literatur gibt es Hinweise, daß es keine statistisch signifikanten Rechts-Links-Differenzen der menschlichen Zähne gebe. Damit rechtfertigte LYSSELL (1960) sein Vorgehen, für fehlende Zähne der einen Kieferhälfte die Breite der entsprechenden Zähne der anderen Seite zu nehmen, d.h., ihre Breite als identisch zu betrachten. Zu gleichlautenden Ergebnissen kamen BARRETT et al. (1963) und ALVESALO (1971).

Andererseits berichtete DE TERRA (1905), daß er bei seinen Messungen Differenzen bis zu 0,7 mm gefunden habe, was durch MÜHLREITER (1912) bestätigt wurde, der besonders auf die Breitenschwankungen bei solchen Zähnen hinwies, die häufiger Reduktionserscheinungen zeigen (z.B. $\frac{2}{2}$ 0,7 - 1,0 mm). Die Rechts-Links-Differenzen bewegen sich in der Größenordnung 0,1 bis 1,0 mm (KORKHAUS 1930, HANUSCHKE 1952), sie können aber auch größere Dimensionen annehmen und betragen dann bis zu 2,2 mm (TONN 1937).

Allgemein zeichnet sich bei solchen Untersuchungen ab, daß sich diese Differenzen am stärksten bei den Frontzähnen und von diesen wiederum bei den oberen lateralen Schneidezähnen bemerkbar machen. Das scheint aus zwei Gründen nicht ungewöhnlich zu sein; erstens haben sich manche Untersucher ausschließlich oder besonders mit den Frontzähnen beschäftigt, so daß Hälftendifferenzen vor allem auch bei diesen Zähnen festgestellt wurden, und zweitens ist die Rechts-

Links-Differenz wahrscheinlich bei den Zähnen am größten, bei denen der Erbanteil geringer ist als bei anderen Zähnen (VOGEL und REISER 1960), so daß sich hier peristatische Einflüsse eher bemerkbar machen können.

Interessant erscheint schließlich noch die Frage, ob eine Kieferhälfte bevorzugt wird. BROEKMAN und v. AKEN (1965) bemerkten dazu, daß sich bei ihren Untersuchungen signifikante Halbseitendifferenzen ergaben, wobei auf der rechten Kieferhälfte die größeren Zahnbreiten zu finden waren. Zwar glaubten sie, daß diese Differenzen wegen ihrer geringen Größe im allgemeinen ohne praktische Bedeutung seien, für die oberen Eckzähne müßten sie jedoch berücksichtigt werden. Die Bevorzugung der rechten Seite bestätigten auch IWAGAKI et ARITA (1946), allerdings nur für den posterioren Bereich im Milch- und bleibenden Gebiß.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Es besteht die Möglichkeit, daß zwischen demselben Zahn in den verschiedenen Kieferhälften eine Breitendifferenz auftreten kann. Ob diese Rechts-Links-Differenz statistisch signifikant ist, erscheint gerade nach neueren Untersuchungen nicht gesichert; die Tatsache, ob in einer Kieferhälfte generell die größeren Breitenwerte zu finden sind, ist vollends ungeklärt.

Es muß daran gedacht werden, daß solche Differenzen durch die Methodik (eventuell durch die Handhaltung beim Vermessen der Zahnbreite) bedingt sein können. Ich befinde mich daher in Übereinstimmung mit LUNDSTRÖM, wenn es mir wegen der hälftenungleichen Breitenmaße notwendig erscheint, jeden Zahn auf beiden Kieferhälften zu messen.

Den eigenen Untersuchungsergebnissen vorgreifend soll berichtet werden, daß bei meinen Messungen fast ausnahmslos Rechts-Links-Differenzen zu finden waren, die meist in der Größenordnung von 0,01 bis 0,1 mm lagen und oft allein durch den Meßfehler verursacht waren. Manche Differenzen jedoch scheinen für eine solche einfache Erklärung zu groß zu sein; eine genaue Auswertung der von mir festgestellten Breitendiskrepanzen ist bisher nicht erfolgt.

II. S P E Z I E L L E R T E I L

8. MATERIAL

Aus ca. 3500 meist gesockelten Hartgipsmodellen der Kieferorthopädischen Abteilung der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der Freien Universität Berlin wurden 362 Modelle möglichst vollständig bezahnter, unzerstörter Gebisse zur Vermessung der Zahnbreiten ausgewählt.

Die Modelle stammten von 223 Kindern, davon 108 Jungen und 115 Mädchen. Auf den Modellen wurden 5994 Zähne vermessen; die Zähne der rechten und linken Kieferhälften wurden getrennt gemessen und gezählt.

Wenn beim Errechnen des Breitenwertes von Zahngruppen ein Zahn fehlte, so wurde in einigen Fällen der gemessene Wert des gleichnamigen Zahnes der anderen Kieferhälfte zur Berechnung der Breitensumme herangezogen. Bei dem Vergleich der SI (summierte Breite der vier bleibenden Schneidezähne) zur SST (summierte Breite der Stützzonenzähne, d.h. C, P₁ und P₂) wurde aus der SST der beiden Kieferhälften der arithmetische Mittelwert gebildet.

Tabelle 1 und 2 geben Aufschluß über die Häufigkeitsverteilung der einzelnen gemessenen Zähne. Die Zahlen erbringen zwei interessante Nebenfunde:

1. Von den Zähnen der Stützzone ist die Zahl für m_1 , besonders im Unterkiefer, am kleinsten. Das erklärt sich vermutlich aus der Häufigkeit des Kariesbefalls: Zwar ist die Kariesfrequenz der m_2 noch größer (HÖRNLEIN 1969), aber die Läsionen bestehen hier meist okklusal, sie konnten deshalb zur Breitenmessung benutzt werden; Approximalkaries ist dagegen am häufigsten bei m_1 zu diagnosti-

zieren (Sie schieden dann nach den festgelegten Kriterien für die weitere Untersuchung aus).

2. Die Häufigkeit der gemessenen Zähne im bleibenden Gebiß gibt ungefähr die Reihenfolge des Zahndurchbruches wieder:

ZAHL DER GEMESSENEN ZÄHNE IM OBERKIEFER

ZAHN	RECHTS	LINKS	
i ₁ ♂	50	55	105
i ₂ ♀	51	48	99
i ₂ ♂	61	62	123
c ♀	54	54	108
c ♂	111	97	208
m ₁ ♀	94	98	192
m ₁ ♂	90	92	182
m ₂ ♀	94	93	187
m ₂ ♂	96	95	191
l ₁ ♀	97	98	195
l ₁ ♂	71	69	140
l ₂ ♀	74	74	148
l ₂ ♂	64	64	128
c ♀	69	66	135
c ♂	48	48	96
p ₁ ♀	52	50	102
p ₁ ♂	53	52	105
p ₂ ♀	58	60	118
p ₂ ♂	48	46	94
M ₁ ♀	51	51	102
M ₁ ♂	59	53	112
♀	71	66	137

TABELLE 1: Häufigkeitsverteilung der einzelnen gemessenen Zähne im Oberkiefer

ZAHL DER GEMESSENEN ZÄHNE IM UNTERKIEFER

ZAHN	RECHTS	LINKS	
i ₁ ♂	42	42	84
i ₁ ♀	39	42	81
i ₂ ♂	55	54	109
i ₂ ♀	55	52	107
c ♂	94	93	187
c ♀	91	88	179
m ₁ ♂	85	81	166
m ₁ ♀	85	86	171
m ₂ ♂	94	93	187
m ₂ ♀	93	96	189
l ₁ ♂	77	80	157
l ₁ ♀	81	83	164
l ₂ ♂	70	76	146
l ₂ ♀	76	72	148
c ♂	54	56	110
c ♀	62	61	123
p ₁ ♂	56	55	111
p ₁ ♀	60	60	120
p ₂ ♂	49	53	102
p ₂ ♀	56	53	109
M ₁ ♂	57	55	112
M ₁ ♀	61	64	125

TABELLE 2: Häufigkeitsverteilung der einzelnen gemessenen Zähne im Unterkiefer

Je größer der numerische Wert - desto frühzeitiger erfolgt der Durchbruch eines Zahnes. Die Zahlen für M₁ sind aufgrund des häufigen (Approximal-) Kariesbefalls bzw. approximaler Füllungen relativ niedrig.

Das Durchschnittsalter der untersuchten Probanden betrug 9 Jahre, 3 Monate (9,24 Jahre) mit den Extremwerten 2 Jahre,

6 Monate und 31 Jahre, 3 Monate. Das Alter der Probanden lag allgemein eng um den Mittelwert.

Die Abdruckmodelle wurden nur dann für diese Untersuchung verwendet, wenn sie einwandfrei waren. Vor allem wurde auf die korrekte Darstellung der Approximalflächen geachtet. Zähne, die auf den mesialen und/oder distalen Flächen Füllungen trugen, bzw. bei denen Karies zu einer Veränderung der approximalen Zahnform geführt hatte, wurden ausgeschlossen. Die Patienten waren insgesamt so jung, daß sich keine sichtbaren Abnutzungen, z.B. in Form interstitieller Abrasio, zeigten.

Mein Patientenmaterial dürfte unter zwei Gesichtspunkten selektiert worden sein:

1. Die untersuchten Kinder waren Patienten der Kieferorthopädischen Abteilung. Es besteht daher die Möglichkeit, daß meine durchschnittlichen Zahnbreitenwerte zu hoch sind, weil viele Patienten wegen Engstandes zur Behandlung kamen, und Engstand besonders durch überbreite Zähne zustande kommt (LUNDSTRÖM 1955).
2. Auf der anderen Seite habe ich Kinder mit kariesarmen Gebissen ausgesucht. Da Engstand - in gewissem Umfang - Karies fördert, habe ich unbewußt vielleicht eine Gegenauselese betrieben und solche Fälle für die Untersuchung herangezogen, die kaum Engstände aufwiesen. Insgesamt spielen aber offenbar beide Faktoren keine entscheidende Rolle.

Noch ein Wort zu den Extremwerten, die man bei solchen Untersuchungen finden kann. Sie sind natürlich in stärkerem Ausmaß von der Zahl der Probanden abhängig. (Wahrscheinlich

aber sind minimale und maximale Zahnbreitenwerte in größerem Ausmaß und häufiger zwischen den mit Okklusionsanomalien behafteten Patienten einer Kieferorthopädischen Abteilung zu finden, wie es z.B. die von TONN (1937) unternommene Forschungsarbeit zeigte. Auch unter diesem Aspekt wird die vorliegende Arbeit vermutlich nicht die Ergebnisse erbringen, die aus einer auslesefreien Reihe mit gleicher Anzahl an Patienten resultieren würden.)

In diesem Zusammenhang soll noch auf die Schwierigkeiten hingewiesen werden, die Minimalwerte für die Zahnbreiten zu bestimmen. Zähne, die in ihren mesio-distalen Dimensionen reduziert waren, wurden nur dann noch gemessen, wenn sie ein "typisches" Aussehen hatten. Als relativ verlässliches Kriterium dafür wurde die Tatsache betrachtet, daß die größte Breite in Höhe des natürlichen Kontaktpunktes lag. Es scheint mir falsch zu sein, deutlich anomal konfigurierte Zähne ("peg-shaped" nach GRAHNEN, d.h., die Seitenflächen verjüngen sich zur Schneidekante hin) zur Bestimmung der Minimalwerte oder der Mittelwerte heranzuziehen.

Schließlich sind extrem starke Abweichungen vom Mittelwert selten. Die Minimal-Maximalwerte werden daher in dieser Arbeit zunächst einmal aus Gründen der Vollständigkeit zitiert, zum anderen aber zeigen sie, mit welchen Zahnbreiten der praktisch tätige Kieferorthopäde im individuellen Fall rechnen muß.

Die Probanden stammen aus Berlin, und es handelt sich um Kinder europäischer Abstammung (Europide, amer.: Caucasian stock, European stock). Irgendeine Aussage über die "rassische" Zusammensetzung der Berliner Durchschnittsbevölkerung läßt sich nicht machen, da die Großstadt Berlin einen "Schmelztiegel" vieler deutscher Populationen darstellt,

(z.B. ethnologisch unterschiedliche Gruppen aus Süddeutschland, Nordwestdeutschland, Westdeutschland sowie ehemaliges Ostpreußen und Schlesien). Sollten Unterschiede zwischen den Zahnbreiten verschiedener Populationen innerhalb Deutschlands existieren, so dürften die in dieser Arbeit gewonnenen Werte einen guten Durchschnitt darstellen, da sie das Ergebnis einer starken Durchmischung heterogener Populationen sind. Unabhängig davon möchte ich mich der Meinung von MOORREES (1957) anschließen, daß mehr als eine Population zu untersuchen ist, um schlüssige Aussagen über die Ergebnisse odontometrischer Untersuchungen machen zu können.

9. METHODE

Die Zähne wurden auf Modellen gemessen, die nach Hydrocolloidabdrücken hergestellt wurden. Das Abdruckmaterial (Zelgan oder Imprex) entsprach mit Einschränkungen den Anforderungen der FDI-Spezifikation Nr. 9 für Alginat (MEYER 1970). Die Untersuchung von WARRER (1952) zeigte darüber hinaus, daß die Differenzen, die durch die Abdrucknahme mit verschiedenen Alginaten entstehen, nur unbedeutend sind. Die Modelle wurden auf einem Sockel fixiert (Abb. 1), wie er für die Klammervermessung nach dem NEY-System benutzt wird. Dadurch konnte ein Modell mit gekippten oder rotierten Zähnen entsprechend ausgerichtet werden.

Nach Möglichkeit wurden Auge, Vermessungsgerät und Meßobjekt in eine Linie gebracht, um den parallaktischen Meßfehler möglichst klein zu halten.

Die Messung am Modell, auch als indirekte Methode bezeichnet, ist umstritten, ebenso wie die direkte Methode, bei der im Munde des Patienten gemessen wird. Einige Untersucher halten den Unterschied für unerheblich. So meinen VOGEL und REISER (1960): "Durch Kontrollmessungen an wiederholten Abdrücken der gleichen Person wurde bewiesen, daß das Abdruckverfahren als solches keine Fehler in den Maßen verursacht. Messungen an Abdrücken sind wesentlich genauer als Messungen direkt im Mund". SEIPEL (1948) ist dagegen der Meinung, daß die Messungen im Mund durchgeführt werden müssen, wenn sie genau sein sollen, während BARRETT et al. (1963) gerade dieses Verfahren für wenig verläßlich hält. Auch STÄHLE (1958), der sich selbst zwar für die direkte Meßmethode entschieden hat, gesteht "erstklassigen, mit Alginat-Abdruckmaterial hergestellten Modellen" eine

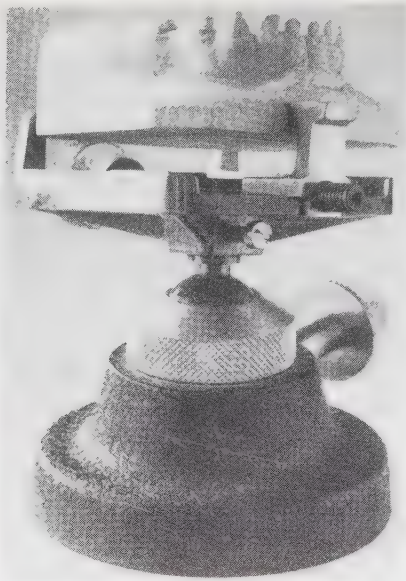


Abb. 1: Modell zum Vermessen auf dem Sockel eingespannt

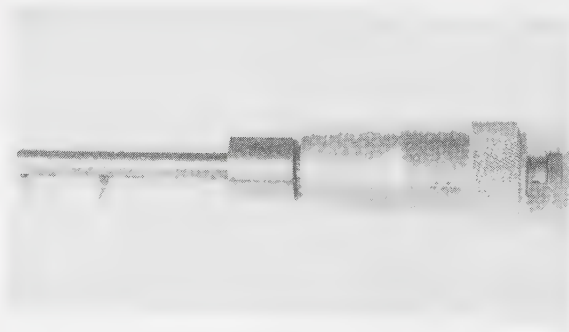


Abb. 2: Meßgerät mit der Meßspindel der Fa. Mahr (Esslingen), das nach dem Prinzip einer Schraublehre funktioniert

hohe Genauigkeit zu. Eine dritte Möglichkeit neben der direkten und indirekten Messung ist die von LUNDSTRÖM (1948) angegebene kombinierte Methode, bei der die Schneidezähne und die Eckzähne im Munde des Patienten gemessen werden, während die Größe der restlichen Zähne am Modell bestimmt wird.

Eine wesentliche Arbeit zu diesem Problem soll hier noch Erwähnung finden: HUNTER und PRIEST (1960) sind speziell dem Fragenkomplex der Fehler und Differenzen beim Messen der Zahnbreiten nachgegangen und kamen dabei zu folgenden Ergebnissen: Messungen im Mund sind schwieriger durchzuführen: "There would seem, then, to be considerable advantage in making measurements of tooth size on plaster casts rather than in the mouth".

Hinzu kommt die Feststellung der Autoren, daß auf dem Modell durchschnittlich 0,1 mm größere Werte als im Munde gemessen wurden. Die Differenz, die im anterioren Bereich am kleinsten war, ist vermutlich auf anatomische Gegebenheiten zurückzuführen, denn der Unterschied zwischen Messung am Modell und im Mund des Probanden war am größten beim linken oberen ersten Molaren, wo er $\pm 0,37$ mm betrug!

Ich habe mich zu der indirekten Meßmethode aufgrund folgender Vorzüge entschieden:

1. Die Abweichungen zwischen den Werten, die man bei genauen Messungen im Mund und am Modell findet, können bei gutem Abformmaterial und zweckmäßigem Ausgießen des Abdrucks nur unbedeutend sein. Durch werkstoffkundliche Untersuchungen über die Wiedergabegenauigkeit moderner Alginate ist diese Behauptung hinreichend belegt (BUCHAN 1963, ILG 1950, ILG 1950, SCHWINDLING 1955, SCHWINDLING 1960).

2. Bei der Feststellung des Korrelationskoeffizienten dürfte ein Meßfehler eine noch geringere Rolle spielen, denn obwohl der Fehler von I_1 bis M_1 ansteigt, "bleibt (er) in den annehmbaren Grenzen eines experimentellen Fehlers" (HUNTER und PRIEST 1960).
3. Es erschien mir günstiger, die Messungen bei bester Ausleuchtung am Modell durchzuführen als im Munde, wo eine gewisse Unruhe des meist kleinen Patienten, eine schlechtere Beleuchtung und damit eine ungenauere Beurteilung des Bereichs der größten Zahnbreite, vor allem im Seitenzahngebiet, nicht zu vermeiden ist.
4. Die Ergebnisse der Messungen sind schneller, vollständiger und eindeutiger reproduzierbar.
5. Die indirekte Methode wird bei neueren Untersuchungen immer häufiger benutzt und sollte deshalb im Hinblick auf vergleichbare Ergebnisse vereinheitlicht werden.

Für diese Messungen wurde ein spezielles Meßgerät in Zusammenarbeit mit dem Institut für Meß- und Regeltechnik an der Technischen Universität Berlin entwickelt (Abb. 2).

Das Gerät funktioniert nach dem Prinzip einer Schraublehre (Mikrometerschraube). Wichtigster Teil ist eine Meßspindel, die es erlaubt, Werte auf 0,01 mm genau abzulesen. Durch Schätzung kann man Werte bis zur Größe von 0,005 mm ohne Schwierigkeiten erhalten. Der gesamte Meßbereich erstreckt sich über eine Distanz von 0,00 bis 25,00 mm.

Die Meßspindel bewegt in einem geschlitzten Rohr eine Meßbacke, die durch eine Feder mit gleichmäßigem Druck gegen den Vorschub der Meßspindel gepreßt wird. Der Vorschub kann

mit zwei Schrauben betrieben werden, von denen die größere durch die Meßstrommel dargestellt wird; die zweite Schraube, die der Feineinstellung dient, befindet sich am Ende der eigentlichen Meßspindel und ist mit einer Ratsche gekoppelt, die einen gleichmäßigen Anpreßdruck an das Meßobjekt ermöglicht.

Die Meßbacken sind aus gehärtetem Stahl und konnten aus diesem Grund bis auf eine Branchenenddicke von ca. 0,2 mm angespitzt werden, so daß sie ohne Schwierigkeit in normal figurierte Interdentalräume gleiten können und durch den Anpreßdruck nicht verbogen werden.

Die Abmessungen des Gerätes wurden - besonders im Endteil, wo das Abgreifen des Objektes erfolgt - bewußt klein gehalten, um auch Messungen im Munde zu ermöglichen. Zur Reinigung kann das Meßgerät zerlegt werden, die Pflege und eventuelle Sterilisierung erfolgen mit Tauchöl.

Das Gerät zeichnet sich durch zwei weitere Vorzüge aus:

1. Das Ablesen des numerischen Wertes kann schnell und sicher erfolgen. Die Meßgeräte, die bisher für solche Messungen benutzt wurden, waren meist auf der Basis von Schieblehren (mit Noniuseinteilung) oder Meßzirkeln konstruiert. Die Ablesung erfolgte entweder direkt auf dem Gerät oder auf einem gesonderten Meßstab, zum Teil unter Benutzung eines Vergrößerungsglases. Mit diesen Meßapparaten kann allenfalls eine Genauigkeit von $\pm 0,1$ mm erreicht werden, und die Ablesung ist nicht immer zweifelsfrei. Auch REMANE (1930) hat, vor allem bei kleineren Zähnen, vom Gebrauch eines Meßzirkels abgeraten.

2. Den zweiten Vorteil erblicke ich in der eingebauten Ratsche. Sie ermöglicht es, den Anpreßdruck der Meßbacken zu objektivieren. Bei den üblichen Vermessungsgeräten scheint mir der Druck, mit dem die Meßbacken das Objekt umfassen, zu variieren, was zu Abweichungen von $\pm 0,1$ mm und mehr führen kann. HUNTER und PRIEST (1960) führten darauf teilweise die Diskrepanz der Messungen zwischen zwei Untersuchern zurück.

Nachteile beim Umgang mit dieser Schraublehre haben sich nicht ergeben; das Gerät scheint trotz seiner Genauigkeit nicht störanfällig zu sein.

Mit diesem Meßgerät wurde die Zahnbreite, d.h. die Längendistanz zwischen dem mesialen und distalen Kontaktpunkt, gemessen. Nach REMANE (1930) gibt es bei der Längenvermessung von Primatenzähnen zwei Möglichkeiten:

1. Feststellung der Mittellänge = größter Abstand der mesialen Kontaktfläche von der distalen in der mittleren Längsebene parallel zur Längsachse; bzw.

2. Vermessen der mittleren Kauflächenlänge = Abstand des mesialen Randes der Kaufläche von dem distalen in der mittleren Längsebene.

Diese beiden Größen sind bei Anthropoiden und Hominiden nicht identisch.

Ich habe mich wegen der kieferorthopädischen Problemstellung für die erste Methode entschieden, obwohl sie exakt nur bei isoliert stehenden Zähnen durchführbar ist.

Die größte Breite eines Zahnes liegt in der Regel in Höhe der Kontaktpunkte. Die Bestimmung dieser Punkte und damit die Auffindung der größten Zahnbreite kann jedoch auf Schwierigkeiten stoßen. Dieses Problem stellt sich vor allem bei den Milch- und bleibenden Eckzähnen wegen ihrer teilweise kegelförmigen Kronenform und bei den oberen Molaren wegen der Variabilität ihrer distalen Approximalfläche (BLACK 1902, DE JONGE COHEN 1918, JANZER 1927, LUNDSTRÖM 1948, HUNTER und PRIEST 1960).

Überraschenderweise zeigte sich bei der Berechnung des mittleren Meßfehlers jedoch (s.u.), daß der untere M_1 mit der geringsten Genauigkeit gemessen werden kann. Durch Wiederholen der Messungen läßt sich bei allen anderen Zähnen der Meßfehler klein halten, so daß er vernachlässigt werden kann.

Die Lage der Meßpunkte wurde nach Prüfung der anatomischen Gegebenheiten geschätzt. Daher konnten zwei Messungen gering differieren. Der endgültige Wert war das arithmetische Mittel aus zwei, im Zweifelsfall auch aus mehreren Messungen. Bei einer vollständigen gut ausgeformten Zahnreihe ist die Messung mit einer gewissen Ungenauigkeit belastet, da die Spitzen der Meßbacken ein geringes über dem eigentlichen Kontaktpunkt bleiben. Es handelt sich somit um einen systematischen Fehler.

Die Meßergebnisse (d.h. Zahnbreitenwerte, vordere und hintere Zahnbogenbreite sowie intercanine Distanz) wurden in eine für diesen Zweck entworfene Karteikarte eingetragen. Die Karteikarten bieten durch ihr umfangreiches Zahlenmaterial und die übrigen Angaben die Möglichkeit, die Untersuchung später in anderer Richtung fortzuführen.

Abgesehen von einigen (statistisch nicht ausgewerteten) Vorversuchen mit Messungen durch verschiedene Untersucher, die eine Differenz weit unter der 1% Fehlergrenze ergaben, wurden die weiteren Messungen nur vom Autor durchgeführt. Damit fehlt zwar hier die Feststellung der methodisch bedingten Diskrepanz zwischen Messungen verschiedener Untersucher, aber das angeschnittene Problem hat schon an anderer Stelle eine wissenschaftliche Klärung gefunden. Die Untersuchungen von HUNTER und PRIEST (1960) über die Genauigkeit der Messungen zeigten nämlich, daß die Differenz nur beim linken oberen zweiten Molaren größer als 0,1 mm war, während der durchschnittliche Wert für die Diskrepanz 0,04 mm betrug. Obwohl dieser Wert statistisch signifikant war, sind die Autoren der Meinung: "A difference of this magnitude may be of no practical significance".

Die Messungen zur Feststellung des experimentellen Fehlers wurden an je zehn zufällig ausgewählten Milch- und bleibenden Gebissen nach Beendigung der eigentlichen Meßarbeit und unabhängig von der ersten Untersuchung durchgeführt.

Der experimentelle Fehler betrug dabei durchschnittlich $\pm 0,04$ mm und schwankte zwischen $\pm 0,03$ und $\pm 0,06$ mm; nur beim ersten Molaren im Unterkiefer lag er bei $\pm 0,10$ mm. Der Grund für diesen minimalen Fehler ist vermutlich einerseits die Genauigkeit des Meßgerätes, andererseits die benutzte Meßtechnik. Die Ursache für den relativ großen Fehler beim unteren ersten Molaren ist vermutlich dessen anatomische Konfiguration.

10. EIGENE ERGEBNISSE

10.1. Material

Aus ca. 3500 Modellen der Kieferorthopädischen Abteilung der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde wurden 362 möglichst vollständige Modelle ausgesucht und vermessen. Diese Modelle stammten von 223 Kindern und zwar von 108 Jungen und 115 Mädchen. Auf diesen Modellen wurden 5994 Zähne vermessen. Tabelle 1 und 2 geben die genaue Aufgliederung der gemessenen Zähne nach Geschlecht, bleibender oder Milchdentition und Kieferhälfte an.

Das durchschnittliche Alter der Patienten bei der Abdrucknahme betrug:

Knaben	Milchzähne	$6,84 \pm 2,24$ Jahre	$^+n = 98$
	bleibende Zähne	$11,56 \pm 3,01$ Jahre	$n = 76$
Mädchen	Milchzähne	$6,83 \pm 2,24$ Jahre	$n = 102$
	bleibende Zähne	$11,80 \pm 3,78$ Jahre	$n = 86$
Extremwerte 2,50 bis 31,25 Jahre.			$^+n =$ Anzahl der Probanden

Daraus ergibt sich, daß das Klientel so jung war, daß mit relativer Sicherheit noch keine Veränderung des mesio-distalen Kronendurchmessers durch interstitielle Abschliffe vorlag.

10.2. Methode

Die Breite der Zähne wurde mit einem Meßgerät, das nach dem Prinzip einer Schraublehre funktioniert, auf 0,01 mm genau vermessen. Jeder Zahn wurde mindestens zweimal gemessen; ergaben sich größere Differenzen durch unterschiedliches Ein-

schätzen der Meßpunkte z.B., wurden die Zähne wiederholt gemessen. Der endgültige Wert war das Mittel aus allen vorangegangenen Messungen. Es wurde nur der größte mesio-distale Zahnkronendurchmesser in Höhe der natürlichen Kontaktpunkte (größte Zahnbreite) gemessen.

10.2.1. Genauigkeit der Meßmethode

Die Exaktheit der Meßmethode wurde durch eine zweite Vermessung von 10 Modellen, unabhängig von den Ergebnissen der ersten Untersuchung, geprüft. Der Mittelwert der Differenzen zwischen den beiden Messungen betrug $0,04 \pm 0,01$ mm. Er war bei den einzelnen Zähnen unterschiedlich groß:

MILCHZÄHNE

Oberkiefer			Unterkiefer	
	m^+	80%-Bereich	m	80%-Bereich
i_1	0,04	0,00 - 0,07	0,04	0,00 - 0,07
i_2	0,04	0,01 - 0,05	0,04	0,00 - 0,09
c	0,04	0,01 - 0,10	0,04	0,00 - 0,07
m_1	0,04	0,00 - 0,08	0,06	0,02 - 0,11
m_2	0,04	0,00 - 0,09	0,05	0,02 - 0,08

BLEIBENDE ZÄHNE

Oberkiefer			Unterkiefer	
	m	80%-Bereich	m	80%-Bereich
I_1	0,03	0,00 - 0,05	0,03	0,00 - 0,03
I_2	0,04	0,00 - 0,06	0,04	0,01 - 0,10
C	0,04	0,01 - 0,06	0,03	0,01 - 0,05
P_1	0,05	0,01 - 0,09	0,04	0,02 - 0,11
P_2	0,05	0,02 - 0,14	0,03	0,02 - 0,04
M_1	0,04	0,01 - 0,08	0,10	0,01 - 0,17

^+m = Mittelwert

Die Differenzen sind nur bei den ersten Molaren im Unterkiefer relativ groß und wahrscheinlich durch das schwierige Auffinden des distalen Kontaktpunktes bedingt (besonders, wenn M_2 noch nicht durchgebrochen ist). Insgesamt liegt der methodische Fehler in der Größenordnung der bei solchen Untersuchungen erreichten Genauigkeit. Er ist hinreichend klein, so daß er - für praktische Belange - vernachlässigt werden kann.

10.3. Zahnbreitenmaße

10.3.1. Mittelwerte und Standardabweichungen

Die gemessenen Werte wurden in einen Computer (Wang 700) eingegeben. Zunächst wurden so die Mittelwerte und die Standardabweichungen gesondert nach den Geschlechtern berechnet (siehe Tabelle 3 für die bleibenden Zähne und Tabelle 4 für die Milchzähne).

10.3.1.1. Bleibende Zähne

Zähne von Patienten, bei denen eine Makro- oder Mikrodontie vorlag, wurden nicht in die Rechnung einbezogen. Aus allen anderen Zähnen wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Die Mittelwerte unterscheiden sich von anderen Untersuchungen maximal nur um Differenzen von etwa 0,2 mm, zeigen aber in vielen Fällen eine fast genaue Übereinstimmung (Vergl. Tabelle 8 - 13). Lediglich die Werte für M_1 im Oberkiefer sind in der eigenen Untersuchung relativ klein, was wahrscheinlich an der schwierigen Bestimmung des distalen Kontaktpunktes liegt. Die errechneten Standardabweichungen sind sich untereinander ähnlich (ca. $\pm 0,35$ mm), lediglich bei den oberen Frontzähnen und den ersten Molaren sind sie etwas größer ($\pm 0,52$ mm). Darüber

hinaus gleichen sie den von MOORREES et al. (1957) angegebenen Werten, denn sie sind nur etwa 0,1 mm kleiner.

10.3.1.2. Milchzähne

Im Milchgebiß wurden alle gemessenen Zähne zur Auswertung herangezogen. Die errechneten Mittelwerte lagen im Durchschnitt 0,3 - 0,4 mm unter den bei anderen Autoren angegebenen Werten (Vergl. Tabelle 14 - 17), wobei festzustellen ist, daß die Zahl der Arbeiten, die sich mit den Breiten der Milchzähne beschäftigen, überhaupt sehr klein ist, so daß größere Vergleichsmöglichkeiten fehlen. Als Ursache für diese Differenzen sind Auswahlkriterien und eventuell genetische Gründe zu diskutieren (siehe z.B. die auffällige Diskrepanz von m_1 zwischen den Autoren IWAGAKI et ARITA bei japanischen Kindern und N.N. bei liberianischen Kindern, bei sonst guter Übereinstimmung).

Die Standardabweichungen stimmen auch hier relativ gut mit den Werten von MOORREES et al. (1957) überein, sind aber etwas größer, unter Umständen durch das auslesefreie Vorgehen bedingt. Die Standardabweichungen sind für alle Milchzähne etwa gleich groß ($\pm 0,41$ mm), nur für die Milchmolaren liegen sie geringfügig höher.

10.3.2. Geschlechtsdifferenzen

Die Signifikanz der zwischen den Geschlechtern zu findenden Breitendifferenzen wurde mit dem t-Test ermittelt. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

10.3.2.1. Bleibende Zähne

Die Geschlechtsunterschiede sind bis auf eine Ausnahme - den oberen lateralen Schneidezähnen - statistisch signifikant:

ZAHNBREITENMAßE DER BLEIBENDEN

ZÄHNE

MAXILLA

		m	S.D.	EXTREMWERTE	n
I ₁	♂	8,82	± 0,49	7,50-10,31	102
	♀	8,48	± 0,46	7,38-10,19	131
I ₂	♂	6,88	± 0,41	5,08-8,64	91
	♀	6,81	± 0,53	4,43-7,88	114
C	♂	7,98	± 0,33	6,37-9,55	79
	♀	7,58	± 0,38	6,34-8,40	97
P ₁	♂	7,07	± 0,32	5,57-8,17	80
	♀	6,78	± 0,34	5,46-7,54	105
P ₂	♂	6,79	± 0,36	5,38-7,49	73
	♀	6,56	± 0,34	4,82-7,30	96
M ₁	♂	10,56	± 0,61	8,71-12,45	93
	♀	10,19	± 0,52	8,97-11,38	124

MANDIBULA

		m	S.D.	EXTREMWERTE	n
I ₁	♂	5,37	± 0,27	4,15-6,01	123
	♀	5,18	± 0,30	3,88-5,93	148
I ₂	♂	5,99	± 0,30	4,92-6,90	105
	♀	5,72	± 0,31	4,67-6,56	134
C	♂	7,00	± 0,27	5,90-8,43	84
	♀	6,41	± 0,34	5,48-7,31	115
P ₁	♂	7,19	± 0,34	5,80-8,67	86
	♀	6,82	± 0,49	5,47-7,72	114
P ₂	♂	7,21	± 0,41	5,56-8,80	82
	♀	6,91	± 0,42	6,06-7,86	102
M ₁	♂	11,13	± 0,60	8,97-12,67	87
		10,65	± 0,55	9,22-11,90	113

TABELLE 3: Zahnbreitenmaße der bleibenden Zähne
(Alle Angaben in mm)

m = Mittelwert, S.D. = Standard-
abweichung, n = Zahl der gemessenen Zähne

ZAHNBREITENMAßE DER MILCHZÄHNE

MAXILLA				
	m	S. D.	EXTREMWERTE	n
i ₁ ♂	6,20	± 0,47	4,85-7,03	94
♀	6,04	± 0,40	5,04-7,23	99
i ₂ ♂	5,00	± 0,38	3,79-7,11	114
♀	4,93	± 0,38	4,00-5,65	106
c ♂	6,53	± 0,41	5,42-7,64	190
♀	6,43	± 0,38	5,49-7,33	192
m ₁ ♂	6,80	± 0,54	5,68-8,38	179
♀	6,56	± 0,40	5,54-7,50	185
m ₂ ♂	8,68	± 0,54	7,50-10,02	183
♀	8,44	± 0,44	7,45-9,48	193
MANDIBULA				
	m	S. D.	EXTREMWERTE	n
i ₁ ♂	3,68	± 0,35	2,97-4,46	84
♀	3,61	± 0,22	2,86-4,08	80
i ₂ ♂	4,35	± 0,48	3,17-5,22	111
♀	4,31	± 0,27	3,51-4,74	104
c ♂	5,56	± 0,34	4,73-6,75	187
♀	5,47	± 0,31	4,61-6,12	175
m ₁ ♂	7,59	± 0,48	6,41-8,97	161
♀	7,33	± 0,40	5,54-8,34	165
m ₂ ♂	9,62	± 0,56	8,33-10,77	183
♀	9,39	± 0,38	8,21-10,29	179

TABELLE 4: Zahnbreitenmaße der Milchzähne
(Alle Angaben in mm.)

m = Mittelwert, S.D. = Standardabweichung, n = Zahl der gemessenen Zähne

Jungen haben generell breitere Zähne. Besonders deutlich und ausgeprägt sind die Geschlechtsbreitenunterschiede bei den Eckzähnen, vor allem bei den unteren. Während die Geschlechtsdifferenzen im Durchschnitt 0,2 - 0,3 mm betragen, steigen sie bei C_{OK} auf 0,4 mm und bei C_{UK} auf fast 0,6 mm an. Nur beim unteren ersten Molaren ist eine ähnliche hohe Geschlechtsdifferenz zu finden (0,48 mm). Die Ergebnisse entsprechen im allgemeinen denen vorangegangener Arbeiten.

10.3.2.2. Milchzähne

Die Jungen haben auch hier die breiteren Zähne, aber die geschlechtsspezifischen Differenzen sind bei den Milchzähnen nicht so ausgeprägt (ca. 0,1 mm). Deutlich signifikant sind sie nur bei den Milchmolaren (ca. 0,25 mm), weniger gesichert bei den Milcheckzähnen und beim oberen mittleren Milchincisivus. Die Ergebnisse entsprechen ungefähr denen von MOORREES et al. (1957), wenngleich die eigenen Untersuchungen statistisch besser abgesichert sind.

10.3.3. Extremwerte

10.3.3.1. Bleibende Zähne

Die Extremwerte (siehe Tabelle 3 u. 4) aller gemessenen Zähne wurden herausgesucht. Ausgenommen wurden jene Zähne, die keine "zahnähnliche" Form mehr aufwiesen (siehe Seite 39). Es zeigte sich, daß die Zahnbreitenschwankungen relativ große Werte erreichen können. Im Durchschnitt betragen sie im Oberkiefer etwa 3,0 mm bei den Jungen und ungefähr 2,5 mm bei den Mädchen; die größten Werte sind beim oberen lateralen Schneidezahn und bei den ersten Molaren im Ober- und Unterkiefer zu finden, sie betragen hier für die Jungen 3,6 mm bzw. 3,8 mm. Die Tatsache, daß die (bezogen auf den Mittelwert) größten Schwankungen beim oberen lateralen Schneidezahn zu finden sind, ist nicht verwunderlich, weil dieser

Zahn häufig von Zahngrößenreduktionen betroffen ist, die Mikromanifestationen einer auf Unterzahl gerichteten genetischen Anlage sein können.

Im Unterkiefer sind die Differenzen zwischen den Minimal- und Maximalwerten kleiner als im Oberkiefer und betragen für Jungen und Mädchen ungefähr 2,0 mm. Diese Werte steigen nur beim zweiten Prämolaren auf 3,2 mm (Jungen) und beim ersten Molaren auf etwa 3,0 mm an, was für P_2 ebenso zu erklären sein dürfte wie im Oberkiefer für I_2 . Im übrigen bestätigen die Ergebnisse die Angaben von MÜHLREITER (1874), der ebenfalls geringere Größenschwankungen im Unterkiefer fand, und TONN (1937), der glaubt, daß die Extremwertspanne um so geringer ist, je kleiner die durchschnittliche Breite eines Zahnes ist.

10.3.3.2. Milchzähne

Die Extremwertdifferenzen der Milchzähne sind wegen ihrer Kleinheit deutlich geringer und betragen im Durchschnitt etwa 2,0 mm, bei den Mädchen etwas weniger, bei den Jungen etwas mehr. Besonders klein sind die Extremwertschwankungen für die unteren Milchincisivi (ungefähr 1,5 mm), für die Milchmolaren sind sie hingegen überdurchschnittlich groß. Dabei muß allerdings bedacht werden, daß diese Differenzen nur absolut gesehen klein sind, denn in Relation zu ihrer natürlichen Kleinheit sind die Abweichungen vom Mittelwert verhältnismäßig groß. Man kann daher sagen, daß die Milchzähne relativ stärker variieren als die bleibenden Zähne.

Abschließend sei vermerkt, daß im bleibenden Gebiß die Minimalwerte der Mädchen fast immer, die Maximalwerte aber immer kleiner sind als die der Jungen; im Milchgebiß zeigt sich ein ähnlicher Trend, wenn auch nicht so deutlich.

0.3.4. Zahngruppen

Die Mittelwerte für die Summe der Incisivi und die Summe der Seitenzahn- bzw. Stützzonen ergaben sich aus der Addition der Mittelwerte (siehe Tabelle 5).

Das Ergebnis beweist, daß die allgemein benutzten Zahlen (z.B. $SI_{OK} = 32,0$ mm; SST_{OK} u. $UK =$ mindestens $21,0$ mm) nur bedingt richtig sind. Durch eine genauere Meßmethode ergeben sich deutlich andere Werte. Natürlich sind auch Geschlechtsunterschiede in gleichem Maße vorhanden wie bei den einzelnen Zähnen.

Die gefundenen Extremwerte zeigen sehr erhebliche Differenzen. Am größten sind sie bei den Schneidezähnen (SI_{OK} und SI_{UK}), und hier besonders bei den Mädchen ($11,4$ bzw. $7,0$ mm). Im Milchgebiß ist die Schwankung für SI_{OK} und SI_{UK} wesentlich kleiner und beträgt ungefähr $7,0$ bzw. $5,0$ mm ($SI =$ unummierte Breite der vier Milchincisivi).

Für den Seitenzahnbereich (Stützzone) sind die Werte zwischen Minimal- und Maximalgröße kleiner und betragen bei den Knaben im Ober- wie im Unterkiefer im bleibenden Gebiß $7,3$ mm, im Milchgebiß $6,3$ mm. Bei den Mädchen sind die Werte jeweils etwa $1,0$ mm kleiner.

BREITENMAßE DER FRONTZAHN- UND
SEITENZAHNGRUPPEN

MAXILLA			
		m	EXTREMWERTE
SI	♂	31,40	25,59 - 35,74
	♀	30,58	24,03 - 35,41
SST	♂	21,84	17,96 - 24,97
	♀	20,92	16,78 - 23,05
Si	♂	22,40	17,36 - 25,33
	♀	21,94	18,86 - 25,48
Sst	♂	22,01	19,32 - 25,21
	♀	21,43	19,15 - 24,13
MANDIBULA			
		m	EXTREMWERTE
SI	♂	22,72	19,20 - 24,91
	♀	21,80	17,11 - 24,11
SST	♂	21,40	17,32 - 25,01
	♀	20,14	17,30 - 23,76
Si	♂	16,06	12,66 - 19,19
	♀	15,84	12,88 - 17,06
Sst	♂	22,77	19,18 - 25,85
	♀	22,19	19,31 - 24,38

TABELLE 5: Zahnbreitenmaße der Zahngruppen
(Alle Angaben in mm)

- m = Mittelwert
- SI = summierte Breite der vier bleibenden Incisivi
- Si = summierte Breite der vier Milchincisivi
- SST = summierte Breite der Zähne C, P₁ und P₂
- S_{ST} = summierte Breite der Zähne c, m₁ und m₂

10.4. Korrelationsanalytische Untersuchungen

10.4.1. Zahnbreitenrelationen

Die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Breite der Milchzähne und der der bleibenden Zähne besteht, wurde zunächst graphisch mit der Quadrantenkorrelation (nach BLOMQUIST) untersucht.⁺ Da sich in fast allen Fällen statistisch gesicherte Korrelationen ergaben, wurde der Frage weiter nachgegangen und die Werte wurden in den Computer eingegeben, der die Korrelationskoeffizienten ($= R$) und die Gleichung der Regressionsgeraden ($y = b_0x + b_1$) errechnete (siehe Tabelle 6). Auf eine Trennung nach dem Geschlecht wurde hier wegen der verhältnismäßig kleinen Anzahl verzichtet.

Mit einer Ausnahme (I_2 UK : i_2 UK) lagen die Korrelationskoeffizienten zwischen +0,39 und +0,65, so daß man voraussetzen kann, daß ein Zusammenhang zwischen der Breite eines Milchzahnes und seines bleibenden Nachfolgers besteht; im Einzelfall sind jedoch größere Diskrepanzen möglich. Warum es bei den unteren lateralen Schneidezähnen zu dem negativen Resultat kam, kann nicht geklärt werden. Möglicherweise ist dieses Ergebnis die Folge der relativ kleinen Probandenzahl, was übrigens für alle Frontzähne gilt, weswegen die hierfür errechneten R-Werte nur mit Vorsicht interpretiert werden sollten. Das Untersuchungsergebnis bedarf daher für die Schneidezähne der erneuten Überprüfung einer größeren Probandenzahl.

⁺Anmerkung: Zu der Originalarbeit gehört noch ein weiterer Teil, der diese graphischen Darstellungen enthält, d.h., daß diese Kurven nicht im Druck erscheinen.

Allgemein zeigten die von mir errechneten R-Werte große Übereinstimmung mit den Werten von MOORREES et al. (1957). Die eigenen Korrelationskoeffizienten sind allerdings geringfügig größer als die für die Mädchen errechneten R-Werte der amerikanischen Autoren. Die Jungen hingegen weisen bei MOORREES et al. Korrelationswerte auf, die deutlich kleiner sind als die in der eigenen Untersuchung für beide Geschlechter gefundenen. Weiterhin wurden die Gleichungen der Regressionsgeraden berechnet. Gleichungen dieser Form wurden bisher meines Wissens noch nicht in der Zahnheilkunde benutzt. Bisher wurden zur Kennzeichnung des Verhältnisses zwischen zwei unterschiedlichen Zahnbreiten Proportionalitätsfaktoren verwendet, bei der graphischen Darstellung also eine Regressionsgerade, die durch den Schnittpunkt der Abzisse und Ordinate läuft. Die hier benutzte lineare Regressionsgerade von y auf x wurde bevorzugt, weil sie mathematischer genauer ist und besonders die Extremwerte wesentlich besser wiedergibt (y = Breite des bleibenden Zahnes, x = Breite des Milchzahnes).

BREITENRELATIONEN ZWISCHEN MILCH- UND
BLEIBENDEN ZÄHNEN

MAXILLA		R	n
$I_1 : i_1$	$I_1 = 0,8 i_1 + 3,9$	0,59	48
$I_2 : i_2$	$I_2 = 0,95 i_2 + 2,1$	0,65	42
$C : c$	$C = 0,6 c + 4,0$	0,39	134
$P_1 : m_1$	$P_1 = 0,6 m_1 + 3,0$	0,60	137
$P_2 : m_2$	$P_2 = 0,45 m_2 + 2,9$	0,47	132
MANDIBULA		R	n
$I_1 : i_1$	$I_1 = 0,85 i_1 + 2,2$	0,56	43
$I_2 : i_2$	$I_2 = 0,3 i_2 + 4,7$	0,23	56
$C : c$	$C = 0,7 c + 3,0$	0,57	143
$P_1 : m_1$	$P_1 = 0,55 m_1 + 3,1$	0,51	123
$P_2 : m_2$	$P_2 = 0,55 m_2 + 1,8$	0,58	141

TABELLE 6: Zahnbreitenkorrelation zwischen
Milch- und bleibenden Zähnen

R = Korrelationskoeffizient

n = Anzahl der Zähne

10.4.2. Breitenrelationen zwischen verschiedenen Zahngruppen

Nach der Korrelationsanalyse der einzelnen Zähne wurden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Zahngruppen untersucht. Dabei fanden sich bis auf eine Ausnahme mittlere bis hohe Korrelationskoeffizienten von +0,54 bis +0,88 (siehe Tabelle 7). Beim Vergleich von $SI_{UK} : Si_{UK}$ ergab sich ein R-Wert in Höhe von +0,22, der statistisch nicht signifikant ist. Das ist unter Umständen durch die kleine Zahl ($n = 18$) oder durch das bereits oben erwähnte Fehlen eines Zusammenhangs zwischen $I_{2\ UK} : i_{2\ UK}$ bedingt. Bis auf das ebenfalls nur bei wenigen Probanden untersuchte Verhältnis $SI_{OK} : Si_{OK}$ waren die Zahlen jedoch so groß, daß den Korrelationskoeffizienten wirkliche Aussagekraft zukommt.

Aus der Reihe der ähnlich großen Korrelationskoeffizienten fallen drei Werte deutlich heraus:

Der Zusammenhang zwischen den oberen und unteren Stützzonen des Milchgebisses und den Seitenzahngruppen der bleibenden Dentition scheint sehr eng zu sein ($R = +0,86$ bzw. $+0,88$). Damit bestätigt sich die von STÄHLE (1958) aufgestellte Behauptung, daß die "vertikalen" Relationen enger sind als die "horizontalen" - was übrigens auch für die Milchfrontzähne gilt ($R = +0,79$). Der dritte hohe Korrelationskoeffizient wurde beim Verhältnis $SI_{OK} : Si_{OK}$ gefunden. Obwohl auch bei den einzelnen Frontzähnen eine relativ starke Korrelation bestand, sollte der Wert wegen der geringen Fallzahl vorerst noch mit Skepsis beurteilt werden.

Gleichzeitig wurden auch hier die Gleichungen der Regressionsgeraden berechnet.

BREITENRELATIONEN ZWISCHEN VERSCHIEDENEN
ZAHNGRUPPEN

		R	n
$Si_{OK} : Si_{UK}$	$Si_{OK} = 0,93 Si_{UK} + 7,5$	0,79	68
$Sl_{OK} : Sl_{UK}$	$Sl_{OK} = 0,96 Sl_{UK} + 10,0$	0,58	107
$Sl_{OK} : Si_{OK}$	$Sl_{OK} = 1,14 Si_{OK} + 5,9$	0,81	18
$Sl_{UK} : Si_{UK}$	$Sl_{UK} = 0,4 Si_{UK} + 15,8$	0,22	18
$Sst_{OK} : Si_{OK}$	$Sst_{OK} = 0,5 Si_{OK} + 9,7$	0,71	91
$Sst_{UK} : Si_{UK}$	$Sst_{UK} = 0,6 Si_{UK} + 13,0$	0,65	72
$SST_{OK} : Sl_{OK}$	$SST_{OK} = 0,36 Sl_{OK} + 10,2$	0,62	78
$SST_{UK} : Sl_{UK}$	$SST_{UK} = 0,5 Sl_{UK} + 9,8$	0,54	95
$Sst_{OK} : Sst_{UK}$	$Sst_{OK} = 0,9 Sst_{UK} + 2,0$	0,86	161
$SST_{OK} : SST_{UK}$	$SST_{OK} = 0,8 SST_{UK} + 4,2$	0,88	84
$SST_{OK} : Sst_{OK}$	$SST_{OK} = 0,65 Sst_{OK} + 7,0$	0,65	61
$SST_{UK} : Sst_{UK}$	$SST_{UK} = 0,65 Sst_{UK} + 6,5$	0,63	64

TABELLE 7: Breitenkorrelationen zwischen
verschiedenen Zahngruppen.

R = Korrelationskoeffizient

n = Zahl der Probanden

ST = summierte Breite der
vier bleibenden Incisivi

Si = summierte Breite der
vier Milchincisivi

SST = summierte Breite der
Zähne C, P₁ und P₂

S_{ST} = summierte Breite der
Zähne c, m₁ und m₂

11. DISKUSSION

Es wurde eine große Zahl von Milch- und bleibenden Zähnen mit einem neuen Meßgerät sehr genau gemessen und zunächst wurden die einzelnen Zahnbreitenmaße errechnet (Mittelwert, Standardabweichungen, Extremwerte). Die mittleren Zahnbreitenwerte bringen bei fast allen bleibenden Zähnen eine gute Übereinstimmung mit den in der Literatur bisher angegebenen Werten (siehe Tabelle 8 - 13). Die gefundenen Differenzen betragen höchstens 0,2 mm, sind aber meist kleiner. Das gilt besonders für neuere Untersuchungen, wo sich ein gesteigerter Anspruch an methodische Genauigkeit bemerkbar macht. Nur die oberen lateralen Schneidezähne erwiesen sich als etwas größer, was unter Umständen an der Eliminierung offensichtlich mikrodonter (und makrodonter) Patienten liegt, so daß weniger Zähne reduzierter Größe gemessen wurden.

Die eigenen Werte liegen in der Regel etwas unter den sonst angegebenen Mittelwerten. Besonders deutlich zeigt sich das bei den unteren Molaren. Dafür mag die Schwierigkeit bei der Festlegung der Kontaktpunkte auf der distalen Approximalfäche verantwortlich sein, die besonders vor dem Durchbruch der M_2 besteht. Weiterhin kommen für diese Differenzen aber auch methodische Verschiedenheiten der Untersucher in Betracht.

Ob auch genetisch bedingte, populationsspezifische Unterschiede für die festgestellten geringfügigen Breitenunterschiede in Frage kommen, kann wegen der verschiedenen Methodik (Meßgerät, Auswahlkriterien des Materials, Messung im Mund oder am Modell, Genauigkeit des Untersuchers, statistische Auswertung usw.) ebenfalls nicht beurteilt werden.

ZAHNBREITENMAßE DER INCISIVI
DES OBERKIEFERS
ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂		m ♀		m ♂♀		Min.-Max. ♂♀	
		I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂	I ₁	I ₂
Parreidt	1884	8,48		8,34				6,2 - 10,9	
Black	1902					9,0	6,4	8,0 - 10,0	5,0 - 7,0
de Terra	1905							7,7 - 9,8	5,8 - 7,8
Mühlreiter	1912	8,51	6,7	8,23	6,4	8,4	6,5	6,9 - 10,6	5,0 - 8,0
Lux et Lux	1931	9,1	6,9	8,7	6,5	8,48	6,69	7,8 - 12,8	5,5 - 9,2
Tonn	1937					8,48	6,69	7,8 - 12,8	5,5 - 9,2
Seipel	1946	8,84	6,81	8,62	6,64				
Lundström	1948	8,7	6,65	8,55	6,55				
Hanuschke	1952	8,77	6,45	8,64	6,78	8,71	6,61	7,0 - 10,0	5,0 - 8,0
Moorrees et al.	1957	8,78	6,64	8,40	6,47			7,1 - 10,0	4,5 - 8,5
Stähle	1958	8,73	6,87	8,64	6,83	8,7	6,8		
Vogel et Reiser	1960	8,74		8,62				7,1 - 10,0	5,0 - 8,5
Garn et al.	1964	8,78	6,70	8,50	6,45				
Broekman et v. Aken	1965					8,88	7,07		
de Terra	1905							6,5 - 10,6	5,0 - 8,2
Janzer	1927	9,1	7,6	8,9	7,4			8,0 - 10,1	6,0 - 9,3
Mijsberg	1931	8,6	7,0	8,2	6,7	8,51	6,93		
Yamada	1932	8,5	7,1	8,2	6,7	8,4	7,0		
Hosaka	1936	8,68	6,98					7,0 - 14,5	4,9 - 9,0
Nelson	1938					8,67	7,06		
Selmer - Olsen	1949	8,37	6,84	8,34	6,70	8,31	6,73		
Thomsen	1955	8,78	6,74	8,60	6,68	8,70	6,71		
Moorrees	1957	8,45	7,29	8,07	7,08	8,3	7,20	7,1 - 9,5	6,1 - 8,1
Gonda	1959	8,67	7,13	8,55	7,05				
Alvesolo	1971	8,82	6,87	8,62	6,67	8,74	6,78		

TABELLE 8: Zahnbreitenmaße der bleibenden Oberkieferschneidezähne

m = Mittelwert, Min.-Max. = Extremwerte

ZAHNBREITENMAßE IM STÜTZZONENBEREICH
DES OBERKIEFERS
ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂			m ♀			m ♂♀			Min.-Max. ♂♀		
		C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂
Block	1902							7,6	7,2	6,8	7,0 - 9,0	7,0 - 8,0	6,0 - 8,0
de Terra	1905										6,1 - 8,2	5,8 - 8,2	5,7 - 7,8
Mühlreiter	1912	7,8		7,3				7,6	6,8	6,5	6,3 - 9,0	6,2 - 8,2	6,0 - 7,5
Tonn	1937							7,87	6,92	6,55	6,9 - 9,8	6,3 - 8,5	6,0 - 7,7
Seipel	1946	8,10	7,18	6,97	7,73	7,04	6,85						
Maarrees et al.	1957	7,95	7,01	6,82	7,53	6,85	6,62				6,6 - 9,0	5,8 - 8,2	5,2 - 7,8
Stahle	1958	7,99	7,11	6,84	7,80	7,03	6,83	7,9	7,1	6,8			
Garn et al.	1964	7,93	7,16	6,84	7,47	6,91	6,62						
Broekman et v. Aken	1965							8,23	7,32	7,01			
de Terra	1905										5,8 - 9,3	5,5 - 8,7	5,5 - 8,2
Janzer	1927	8,5	7,6	7,0	8,1	7,3	6,8				7,0 - 9,5	6,0 - 8,8	5,5 - 8,0
Mijsberg	1931	8,0	7,5	7,0	7,7	7,3	6,9	7,93	7,45	6,98			
Yamada	1932	7,8	7,3	6,8	7,4	7,2	6,8	7,7	7,3	6,8			
Hosaka	1936	8,06	7,21	6,86							6,1 - 9,2	5,8 - 9,0	5,1 - 8,2
Nelson	1938							8,05	7,43	7,01			
Pedersen	1949	8,09	7,65	6,93	7,59	7,26	6,57	7,87	7,52	6,80			
Selmer-Olsen	1949	7,74	6,75	6,45	7,47	6,55	6,32	7,59	6,65	6,39			
Thomsen	1955	7,93	6,96	6,64	7,74	7,02	6,59	7,84	6,99	6,62			
Maarrees	1957	8,03	7,15	6,65	7,67	6,96	6,61	7,88	7,08	6,63	6,8 - 9,0	5,8 - 8,0	5,1 - 8,1
Gonda	1959	7,94	7,38	7,02	7,71	7,37	6,94						
Iwagaki et Arita	1964							7,74	7,32	6,90			
Alvesalo	1971	8,12	7,11	6,84	7,73	7,03	6,75	7,94	7,07	6,80			

TABELLE 9: Zahnbreitenmaße der bleibenden Oberkieferseitenzähne

m = Mittelwert

Min.-Max. = Extremwerte

ZAHNBREITENMAßE DES 1. MOLAREN

DES OBERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂	m ♀	m ♂♀	Min.-Max. ♂♀
		M ₁	M ₁	M ₁	M ₁
Black	1902			10,7	9,0 - 12,0
de Terra	1905				8,0 - 11,5
Mühlreiter	1912			10,1	7,8 - 11,2
Tonn	1937			10,11	9,3 - 11,4
Seipel	1946	10,69	10,47		
Moorrees et al.	1957	10,81	10,52		9,4 - 12,4
Garn et al.	1964	10,17	9,78		
de Terra	1905				8,0 - 12,8
Janzer	1927	11,1	10,8		9,5 - 12,2
Mijsberg	1931	10,8	10,5	10,73	
Yamada	1932	10,2	10,0	10,2	
Hosaka	1936	10,02			6,3 - 12,0
Nelson	1938			10,74	
Pedersen	1949	10,84	10,53	10,68	
Selmer-Olsen	1949	10,23	9,93	10,09	
Thomsen	1955	10,69	10,45	10,58	
Moorrees	1957	10,37	10,05	10,24	9,0 - 12,0
Gonda	1959	10,68	10,47		
Alvesalo	1971	10,23	10,11	10,18	

TABELLE 10: Zahnbreitenmaße des ersten Oberkiefermolaren

m = Mittelwert

Min.-Max. = Extremwerte

In den Tabellen 8 - 17 werden die Meßergebnisse früherer Arbeiten zusammengestellt. Über dem Doppelstrich werden die Autoren aufgeführt, die ihre Ergebnisse durch Vermessung europider Populationen erzielt haben; unter dem Doppelstrich solche, die nicht europide Populationen untersucht haben. Diese Tabellen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Wegen der oben angeführten Schwierigkeiten können die Tabellenwerte nur mit Vorsicht interpretiert werden.

Wenngleich größere Differenzen (z.B. zwischen MOORREES 1957 für Aleuten-Eskimos und MOORREES et al. 1957 für amerikanische Kinder) vermutlich durch populationsspezifische Eigenheiten bedingt sind, so können aus dem Vorhandensein kleiner Differenzen (z.B. zwischen MIJSBERG 1931 für Javaner und YAMADA 1932 für Japaner) keine weitergehenden Schlüsse gezogen werden, denn hier liegen dann die Unterschiede in der Größenordnung des Meßfehlers.

Die von mir für die bleibenden Zähne errechneten Mittelwerte bringen keine neuen Ergebnisse; es liegt also nur eine Prüfung und Bestätigung bisheriger Untersuchungen vor. Das Resultat ist aber, daß die vorhandenen Zahlenangaben für den Raum der eigenen Erhebungen Gültigkeit haben.

Da der Mittelwert ein fiktiver Wert ist, der nur für eine kleine Zahl der Probanden (unter Umständen aber auch für keinen) zutrifft, kann er für eine Vorausbestimmung der zu erwartenden Größe eines Zahnes nur geringe Bedeutung haben: die Prognose wäre mit einer zu großen Fehlermöglichkeit behaftet. Daher wurden die Standardabweichungen berechnet, die bei einer Normalverteilung, die bei dem Merkmal Zahnbreite vorliegt, den Bereich beschreiben, in dem 2/3 aller Beobachtungen liegen. Wird diese Standardabweichung zum

Mittelwert addiert bzw. von ihm subtrahiert, so erhält man die Spanne, in der bei der Mehrzahl der untersuchten Probanden die Zahnbreite zu finden sein wird.

Die Standardabweichungen, die ungefähr in der Größenordnung von $\pm 0,35$ mm liegen, sind im Unterkiefer etwas kleiner als im Oberkiefer und bei den Mädchen meist etwas größer als bei den Jungen. Besonders groß (ca. $\pm 0,52$ mm) sind die Standardabweichungen bei den oberen zentralen Schneidezähnen und bei den ersten Molaren in beiden Kiefern. Das weist auf relativ große Schwankungen hin und zeigt sich auch bei der Differenz zwischen minimaler und maximaler Zahnbreite. Allgemein läßt sich sagen, daß die von mir errechneten Standardabweichungen denen früherer Autoren z.B. MOORREES et al. (1957) sehr ähnlich sind, wenn auch meist etwas kleiner. Vermutlich ist das durch das Ausscheiden der Fälle mit abnormen Zahnbreiten (Mikro- und Makrodontie) bedingt.

Unter Berücksichtigung der Standardabweichungen wird also die Voraussage über eine bestimmte Zahngröße relativ genau sein. Ob für die Praxis damit viel gewonnen ist, erscheint mir allerdings fraglich, denn die verlangte Sicherheitsspanne ist oft nicht vorhanden oder nicht zu erreichen.

Die Untersuchung wurde getrennt nach Jungen und Mädchen durchgeführt. Es ergaben sich geschlechtsspezifische Differenzen. Die Zähne der Jungen sind signifikant größer als die der Mädchen, mit der Ausnahme des oberen lateralen Schneidezahns. Die Geschlechtsdifferenz des Merkmals Zahnbreite beträgt im Mittel 0,2 - 0,3 mm und ist daher auch für die Praxis sehr bedeutsam. Besonders ausgeprägt ist der Unterschied - wie übrigens auch bei den Primaten - bei den Eckzähnen, wo die Differenz im Oberkiefer 0,4 mm, im Unterkiefer

ZAHNBREITENMAßE DER INCISIVI

DES UNTERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂		m ♀		m ♂♀		Min.-Max. ♂♀	
		l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂	l ₁	l ₂
Black	1902					5,4	5,9	5,0 - 6,0	5,0 - 6,5
de Terra	1905							4,3 - 6,0	5,0 - 6,7
Mühlreiter	1912	5,5	6,0	5,3	5,8	5,4	5,9	4,0 - 6,3	5,0 - 7,2
Lux et Lux	1931	5,6		5,5					
Tonn	1937					5,31	5,93	4,5 - 6,4	5,1 - 7,5
Seipel	1946	5,51	6,13	5,42	5,94				
Hanuschke	1952	5,26	5,95	5,16	5,88	5,21	5,91	4,0 - 6,0	4,5 - 7,0
Moorrees et al.	1957	5,42	5,95	5,25	5,78			4,3 - 6,1	4,7 - 6,9
Stähle	1958	5,43	6,05	5,39	5,95	5,4	6,0		
Garn et al.	1964	5,39	6,03	5,32	5,86				
de Terra	1905							3,5 - 6,5	4,2 - 7,2
Janzer	1927	5,5	6,3	5,5	6,3			5,0 - 6,3	5,5 - 7,2
Mijsberg	1931	5,5	6,2	5,4	6,1	5,48	6,18		
Yamada	1932	5,4	6,0	5,2	5,9	5,3	5,9		
Hosaka	1936	5,56	6,15					3,4 - 9,0	4,3 - 8,2
Nelson	1938					5,52	6,14		
Selmer-Olsen	1949	5,36	5,98	5,22	5,85	5,27	5,87		
Thomsen	1955	5,54	6,08	5,49	6,08	5,52	6,08		
Moorrees	1957	5,23	6,09	5,08	5,90	5,17	6,01	3,7 - 6,4	4,7 - 6,7
Gonda	1959	5,48	6,20	5,47	6,11				
Alvesalo	1971	5,53	6,09	5,42	5,93	5,48	6,01		

TABELLE 11: Zahnbreitenmaße der bleibenden Unterkieferschneidezähne

m = Mittelwert

Min.-Max. = Extremwerte

ZAHNBREITENMAßE IM STÜTZZONENBEREICH

DES UNTERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂			m ♀			m ♂♀			Min.-Max. ♂♀		
		C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂	C	P ₁	P ₂
Black	1902							6,9	6,9	7,1	5,0 - 9,0	6,0 - 8,0	6,5 - 8,0
de Terra	1905										5,0 - 6,7	5,5 - 7,4	5,5 - 7,3
Mühlreiter	1912	6,8		6,4				6,7	6,9	7,3	5,5 - 8,0	6,0 - 8,0	6,2 - 8,8
De Jonge Cohen	1918								6,69	6,92		5,2 - 8,1	5,2 - 9,0
Tonn	1937							6,81	6,96	7,08	6,0 - 7,7	6,2 - 8,3	6,5 - 8,0
Seipel	1946	7,12	7,27	7,41	6,69	7,16	7,21						
Moorrees et al.	1957	6,96	7,07	7,29	6,47	6,87	7,02				5,8 - 8,1	5,9 - 8,1	6,2 - 9,6
Stähle	1958	7,05	7,26	7,31	6,73	7,13	7,25	6,9	7,2	7,3			
Garn et al.	1964	7,00	7,27	7,26	6,58	7,00	7,03						
de Terra	1905										5,0 - 8,1	5,0 - 8,7	5,5 - 8,3
Janzer	1927	7,3	7,2	7,4	6,8	7,1	7,2				6,0 - 8,5	6,0 - 8,1	6,0 - 8,7
Mijsberg	1931	7,2	7,3	7,3	6,8	7,1	7,1	7,11	7,25	7,25			
Yamada	1932	7,0	7,1	7,1	6,6	7,0	7,1	6,9	7,1	7,1			
Hosaka	1936	7,31	7,18	7,29							5,5 - 9,0	5,3 - 8,5	6,1 - 8,7
Nelson	1938							7,27	7,15	7,42			
Iwagaki et Arita	1946							6,74	7,04	6,92			
Pedersen	1949	7,28	7,15	7,14	6,93	7,04	6,99	7,13	7,10	7,08			
Selmer-Olsen	1949	6,82	6,72	6,74	6,50	6,59	6,59	6,65	6,65	6,66			
Thomsen	1955	7,15	7,07	7,21	6,87	7,10	7,13	7,02	7,09	7,17			
Moorrees	1957	7,20	7,01	7,17	6,71	6,85	7,02	6,98	6,95	7,11	5,9 - 8,3	5,9 - 8,3	5,9 - 8,4
Gonda	1959	7,07	7,31	7,42	6,68	7,19	7,29						
Alvesalo	1971	7,13	7,20	7,28	6,66	7,04	7,05	6,90	7,12	7,18			

TABELLE 12: Zahnbreitenmaße der bleibenden Unterkieferseitenzähne

m = Mittelwert

Min.-Max. = Extremwerte

ZAHNBREITENMAßE DES 1. MOLAREN

DES UNTERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AU TOR		m ♂	m ♀	m ♂♀	Min.-Max. ♂♀
		M ₁	M ₁	M ₁	M ₁
Black	1902			11,2	11,0 - 12,0
de Terra	1905				10,0 - 11,3
Mühlreiter	1912			11,5	10,0 - 12,2
Martin	1914				8,0 - 12,8
de Jonge Cohen	1918			11,10	9,2 - 13,3
Tonn	1937			11,01	9,6 - 12,7
Seipel	1946	11,24	10,98		
Moorrees et al.	1957	11,18	10,74		9,4 - 12,7
Vogel et Reiser	1960				9,1 - 12,5
Garn et al.	1964	11,39	10,87		
de Terra	1905				8,9 - 12,8
Janzer	1927	11,7	11,3		10,0 - 13,0
Mijsberg	1931	11,5	11,2	11,43	
Yamada	1932	11,2	10,9	11,1	
Hosaka	1936	11,33			7,0 - 13,1
Nelson	1938			11,96	
Pedersen	1949	12,02	11,47	11,81	
Selmer-Olsen	1949	10,95	10,64	10,80	
Thomsen	1955	11,22	11,01	11,12	
Moorrees	1957	11,56	11,20	11,45	10,1 - 12,8
Gonda	1959	11,72	11,32		
Alvesalo	1971	11,28	11,04	11,18	

TABELLE 13: Zahnbreitenmaße des ersten Unterkiefermolaren

m = Mittelwert

Min.-Max. = Extremwerte

sogar fast 0,6 mm beträgt. Eine ähnlich hohe geschlechtsspezifische Differenz findet sich nur noch bei den ersten Molaren beider Kiefer, wo sie einen Wert von fast 0,5 mm erreicht.

Die fehlende Differenz bei den oberen lateralen Schneidezähnen ist möglicherweise durch genetische Faktoren bedingt. Denn gerade dieser Zahn ist (neben P_2 und M_3) häufig von erblich verursachter Unterzahl oder Größenreduktion betroffen. Wenn davon beide Geschlechter gleich stark betroffen sind, so könnte es zu solch starken Breitenvariationen kommen, daß ein an sich vorhandener Trend nicht mehr erkennbar ist.

Der Grund für die generellen Geschlechtsdifferenzen bei beiden Dentitionen ist sicherlich genetischer Natur; rein hypothetisch wäre es denkbar, daß durch eine Einflußnahme bestimmter Gene (der Heterosomen?) auf die Produktion geschlechtsspezifischer Hormone diese Unterschiede zustande kommen. Allgemein steht aber fest, daß die Geschlechtsunterschiede sich beim Merkmal Zahnbreite nicht so stark bemerkbar machen wie bei anderen Konstitutionsmerkmalen.

Schließlich wurden die Extremwerte ermittelt. Das große Ausmaß der Differenzen zwischen Maximal- und Minimalwert zeigt, mit welchen Extremen zu rechnen ist. Die Unterschiede betragen in beiden Kiefern etwa 2,5 mm und sind für Jungen meist etwas größer als für Mädchen. Besonders stark ist die Differenz der Extreme wieder bei den Zähnen, die gehäuft von Zahlanomalien (obere I_2 , untere P_2) oder von Größenvariationen betroffen werden (obere und untere M_1).

Allgemein ist zu erkennen, daß die eigenen Minimalwerte oft kleiner bzw. die Maximalwerte größer sind als die anderer Untersucher. Die Ursache ist sicher in der Zahl der Probanden begründet, denn je größer die Probandenzahl, desto häufiger auch Fälle extremer Zahnbreiten.

Die Extremwerte sind zunächst einmal "spektakuläre" Fakten, aber sie haben auch eine praktische Bedeutung, denn sie werden jedem Kieferorthopäden die Grenzen seiner Möglichkeiten in prognostischer oder therapeutischer Hinsicht aufzeigen.

Bei der Berechnung des Mittelwertes der Milchzähne (Tab. 14 - 17) stellte sich heraus, daß die gefundenen Werte relativ klein waren. Im Durchschnitt liegen sie 0,3 - 0,4 mm unter den bisher bekannten Werten. Zur Erklärung bieten sich zwei Gründe an:

1. Es besteht die Möglichkeit, daß durch die verfeinerte Meßmethode vor allem die an sich kleinen Milchzähne genauer gemessen werden konnten und sich daher kleinere Mittelwerte ergaben.
2. Auch kann sich hier eine genetisch determinierte, populationspezifische Differenz bemerkbar machen. Dadurch würde auch die Differenz zwischen den japanischen und libe-rianischen Kindern für den m_1 , von der oben die Rede war, am ehesten verständlich.

Diese niedrigen Mittelwerte der Milchzähne gewinnen praktische Bedeutung, wenn man ihre Breite mit der der bleibenden Zähne vergleicht. Die einzelnen Milchzähne sind ungefähr 2,0 mm kleiner als ihre Nachfolger (bei I_1 ist die Differenz meist größer, bei I_2 geringer). Der bleibende Eckzahn ist oben wie unten bei Jungen etwa 1,4 mm, bei Mädchen 1,0 mm

ZAHNBREITENMAßE DER INCISIVI DES
OBERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂		m ♀		m ♂♀		Min.-Max. ♂♀	
		i ₁	i ₂	i ₁	i ₂	i ₁	i ₂	i ₁	i ₂
Black	1902					6,5	5,1		
de Terra	1905							6,0 - 6,8	4,2' - 5,8
Mühlreiter	1912							6,0 - 7,5	4,2 - 6,6
Wetzel	1933					6,75	5,40		
Moorrees et al.	1957	6,55	5,32	6,44	5,23			5,4 - 7,5	4,5 - 6,6
N.N.						6,84	5,54	6,11 - 7,74	5,01 - 6,44

TABELLE.14: Zahnbreitenmaße der Oberkiefermilchincisivi

m = Mittelwert, Min.-Max. = Extremwerte,
N.N. = liberianische Kinder

ZAHNBREITENMAßE IM STÜTZZONENBEREICH

DES OBERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂			m ♀			m ♂♀			Min. - Max. ♂♀		
		c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂
Black	1902							7,0	7,3	8,2			
de Terra	1905										5,9 - 7,4	6,2 - 7,8	4,9 - 9,5
Mühlreiter	1912										6,2 - 8,0	6,6 - 7,8	8,3 - 9,3
Wetzel	1933							7,10	7,20	8,80			
Moorrees et al.	1957	6,88	7,12	9,08	6,67	6,95	8,84				5,9 - 7,9	6,3 - 8,3	7,5 - 10,4
de Terra	1905										7,2 - 7,6	6,5 - 8,0	8,3 - 10,8
Iwagaki et al.	1946							6,35	7,18	9,38			
N.N.								6,79	7,75	9,21	6,26-7,31	7,08-8,53	8,48-9,97

TABELLE 15: Zahnbreitenmaße der Oberkieferstützzonenzähne

m = Mittelwert, Min.-Max. = Extremwerte,
N.N. = liberianische Kinder

ZAHNBREITENMAßE DER INCISIVI DES

UNTERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂		m ♀		m ♂♀		Min.-Max. ♂♀	
		i ₁	i ₂	i ₁	i ₂	i ₁	i ₂	i ₁	i ₂
Black	1902					4,2	4,1		
de Terra	1905							3,5 - 4,8	4,0 - 5,0
Mühlreiter	1912							3,6 - 5,5	3,8 - 5,9
Wetzel	1933					4,55	4,85		
Moorrees et al.	1957	4,08	4,74	3,98	4,63			3,0 - 4,7	3,9 - 6,0
de Terra	1905					4,5			
N.N.						4,23	4,62	3,77 - 5,00	4,18 - 5,43

TABELLE 16: Zahnbreitenmaße der Unterkiefermilchincisivi

m = Mittelwert, Min.-Max. = Extremwerte,

N.N. = liberianische Kinder

ZAHNBREITENMAßE IM STÜTZZONENBEREICH

DES UNTERKIEFERS

ANGABEN IN mm

AUTOR		m ♂			m ♀			m ♂♀			Min. - Max. ♂♀		
		c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂	c	m ₁	m ₂
Black	1902							5,0	7,7	9,9			
de Terra	1905										4,9 - 7,0	5,7 - 8,3	8,0 - 10,4
Mühlreiter	1912								7,9		5,2 - 7,0	7,5 - 8,5	10,0 - 11,5
Wetzel	1933							6,10	8,00	10,75			
Moorrees et al.	1957	5,92	7,80	9,83	5,74	7,65	9,64				5,0 - 6,7	6,7 - 8,9	8,5 - 11,0
de Terra	1905										5,5 - 6,8	7,0 - 9,3	8,5 - 11,0
Iwagaki et al.	1946							5,62	7,81	10,0			
N.N.								5,78	8,34	10,10	5,12 - 6,34	7,58 - 9,08	8,59 - 10,81

TABELLE 17: Zahnbreitenmaße der Unterkieferstützzonenzähne

m = Mittelwert, Min.-Max. = Extremwerte,

N.N. = liberianische Kinder

größer als der Milchcaninus, und der erste obere Prämolare ist etwa 0,2 - 0,3 mm größer als der Milchvorgänger. Sonst ist bei dem Wechsel der Milchmolaren ein Platzgewinn zu verzeichnen, der bei m_2 im Oberkiefer fast 2,0 mm, im Unterkiefer bei m_1 jedoch nur 0,4 - 0,5 mm ausmacht. Wesentlich größer ist der Breitenunterschied zwischen den zweiten Milchmolaren und den zweiten Prämolaren im Unterkiefer, denn der bleibende Zahn ist 2,4 - 2,5 mm kleiner als sein Milchvorgänger. Insgesamt gesehen stellt sich aber der Platzgewinn in beiden Kiefern als nicht so groß heraus wie bisher beschrieben wurde, denn wie ein Vergleich der summierten Zahnbreiten zeigt, werden im Oberkiefer nur 0,2 - 0,5 mm, im Unterkiefer 1,4 - 2,0 mm frei, wobei die kleineren Werte für die Jungen, die größeren für die Mädchen gültig sind.

Die Tatsache, daß der Platzgewinn im Stützzonenbereich - vor allem im Oberkiefer - verhältnismäßig gering ist, erscheint nicht überraschend, denn der Breitenunterschied zwischen Milch- und bleibenden Zähnen ist hier nur einer der Sicherheitsfaktoren für eine korrekte Einstellung der Ersatzseitenzähne. Darüber hinaus kommen dafür aber auch Wachstumsvorgänge besonders beim Zahndurchbruch und eventuell primär vorhandene Lücken in Frage. Die klinische Beobachtung zeigt außerdem, daß Engstände im Bereich der Seitenzähne - speziell Eckzahngebiet (Oberkiefer!) - sehr häufig zu finden sind und oft sogar dann, wenn die Gebißentwicklung zunächst vollkommen regelmäßig abzulaufen scheint.

Die Standardabweichungen der Milchzähne sind von geringerer Bedeutung für die praktische Kieferorthopädie, da eine Behandlung im Milchgebiß zu den Ausnahmen gehört. Die numerischen Werte liegen etwas höher (ca. $\pm$ 0,41 mm) als bei den

bleibenden Zähnen und steigen bei den größeren Milchmolaren geringfügig an (fast $\pm 0,50$ mm).

Geschlechtsunterschiede in den Zahnbreiten sind auch im Milchgebiß zu finden. Sie sind aber nur bei m_1 und m_2 statistisch signifikant. Allgemein beträgt die Differenz 0,1 mm, für die Milchmolaren ca. 0,25 mm. Sie liegt damit in der Nähe des methodischen Fehlers.

Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis, daß der Geschlechtsunterschied bei den Milchzähnen - mit Ausnahme der Milchmolaren - vernachlässigt werden kann. Zwischen den Minimal- und Maximalwerten findet sich allgemein eine Differenz von etwa 2,0 mm. Diese Tatsache ist erstaunlich, denn bezogen auf die Kleinheit der Milchzähne sind die extremen Abweichungen groß.

Die Einzelzahnbreiten wurden teilweise addiert, um die in der Kieferorthopädie gebräuchlichen Zahngruppen zu erhalten. Dabei ergaben sich gleichfalls Geschlechtsunterschiede, die Extremwerte wurden aufgezeichnet. Aus diesen Werten kann vor allem der Schluß gezogen werden, daß die bleibenden Zähne im Schneidezahnbereich gegenüber ihren Milchvorgängern größer sind als bisher angenommen worden ist (Oberkiefer 8,0 - 9,0 mm; Unterkiefer 6,0 - 6,5 mm). Die Folgen sind sicher teilweise in der großen Zahl der "primären" Engstände zu finden. Auch im Stützzonenbereich ist der Platzgewinn meist nicht so groß, so daß hier ebenfalls die Gefahr einer ungünstigen Entwicklung besteht. Als praktische Konsequenz ergibt sich daraus, daß eine genaue Analyse der Platzverhältnisse betrieben werden sollte. Nur dann wird es dem praktisch tätigen Kieferorthopäden möglich sein, eine Entscheidung darüber zu treffen, ob eventuell fehlender Platz noch durch eine Umformung

der Kiefer oder nur durch gezielte Extraktion zu beschaffen ist. Dieser Entschluß sollte rechtzeitig gefällt werden, denn nur dann kann eine Behandlung mit Sorgfalt und Konsequenz zu einem befriedigenden Ergebnis geführt werden.

Im zweiten Teil der Untersuchungen wurden die individuellen Breitenwerte der einzelnen Milchzähne und der entsprechenden bleibenden Zähne korrelationsanalytisch untersucht. Dadurch wurde versucht, die grobe Vorherbestimmung der Zahngröße (mit Hilfe der Mittelwerte und Standardabweichungen) für den Einzelfall genauer zu gestalten. Die dabei errechneten Regressionsgleichungen sind für die Breitenermittlung weniger praktisch als ein einfacher Proportionalitätsfaktor. Sie bieten aber eine größere Gewähr für die Richtigkeit, besonders bei sehr großen und sehr kleinen Werten. Die Korrelationskoeffizienten, die eine Auskunft über den qualitativen Zusammenhang zweier Größen geben, sind mittelgroß und betragen etwa + 0,40 bis + 0,65, so daß die Breite des bleibenden Zahnes nach Vermessung des Milchzahnes nicht mit großer Sicherheit bestimmt werden kann. Besonders vorsichtig sollten die R-Werte bei den Frontzähnen wegen der geringen Probandenzahl interpretiert werden.

Ich glaube dennoch, daß sich hier ein Vorteil gegenüber einer Methode ergibt, die durch das Vermessen sehr guter (s. S. 15), in der Praxis fast nicht herstellbarer, Röntgenbilder eine Breitenprognose fällt. Die hier vorgeschlagene Methode bedeutet, daß nur die Größe des Milchzahnes zu vermessen ist, um mit einer kleinen Rechenoperation zu einem Ergebnis zu gelangen, das in einer Vielzahl der Fälle zutreffend ist. Der nur mittelhohe Korrelationskoeffizient besagt andererseits, daß in manchen Fällen mit einem Irrtum zu rech-

nen ist. Die Möglichkeit einer Täuschung besteht auch bei den Röntgenbildern durch die nie ganz auszuschließenden Projektionsfehler, die besonders bei gedrehter Lage der Keime zu einer Verzeichnung der realen Situation führen können.

Trotz des Vorhergesagten bedeutet das Röntgenbild eine wertvolle Hilfe für die Praxis, da es mit Sicherheit z.B. darüber Auskunft geben kann, ob ein Fall mit extrem großen oder kleinen Zähnen vorliegt.

Schließlich wurden noch für die einzelnen Zahngruppen Korrelationsanalysen durchgeführt. Es ergeben sich dabei mittlere bis hohe R-Werte (+ 0,54 bis + 0,88), so daß hier ein stärker gesicherter Zusammenhang zu bestehen scheint. Der Grund dafür ist möglicherweise, daß sich die Diskrepanzen zwischen den Einzelzähnen mehr verwischen und sich dadurch ein gewisser Trend abzeichnet. Besonders hoch sind die Korrelationskoeffizienten beim Vergleich der Stützzone (Seitenzahnzone) zwischen Ober- und Unterkiefer. Hier scheinen die Beziehungen sehr eng zu sein, d.h., ist dieser Zahnbereich im Unterkiefer groß, wird er auch im Oberkiefer entsprechend groß sein.

Die Beziehung von $SI_{OK} : Si_{OK}$ scheint ebenfalls durch einen hohen Korrelationskoeffizienten ausgezeichnet zu sein. Es sollten aber wegen der kleinen Probandenzahl vorerst keine zu weitgehenden Schlüsse gezogen werden. Ich halte eine Nachuntersuchung über dieses Problem für nötig.

Für die Berechnung der für den Kieferorthopäden so wichtigen Seitenzahngruppen (SST) aus der gemessenen Breite der vier Incisivi (SI) ergeben sich sehr einfache Formeln, die selbst in der täglichen Praxis bestehen können:

$$SST_{OK} = \frac{SI_{OK}}{3} + 10$$

$$SST_{UK} = \frac{SI_{UK}}{2} + 10$$

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß aufgrund der korrelationsanalytischen Untersuchungen ein individueller Zusammenhang zwischen den beiden Dentitionen besteht. Die von mir angewandten Gleichungen der linearen Regressionsgeraden erlauben eine mathematisch-statistisch relativ zuverlässige Berechnung der zu erwartenden Dimension. Die mittleren, vor allem aber hohen Korrelationskoeffizienten sprechen für eine verhältnismäßig richtige Prognose. Die gefundenen Werte sollten unbedingt mit der jeweiligen Standardabweichung modifiziert werden. Weiterhin sollte der Wert noch eine entsprechende Korrektur im Hinblick auf die möglichen Geschlechtsdifferenzen erfahren; die Extremwerte müssen aber in jedem Fall vor einer bedingungslosen Ausweitung des oben angeführten Verfahrens warnen. Zusätzlich sollten immer Röntgenaufnahmen als wichtiges Diagnosemittel benutzt werden.

Nur mit einem solchen Aufwand erscheint eine verlässliche Breitenvorherbestimmung möglich zu sein. Ich bin der Überzeugung, daß einfachere Methoden wahrscheinlich mit einer größeren Fehlermöglichkeit behaftet sind, was in der Natur des biologischen Substrats "Mensch" begründet ist.

Die vorliegende Untersuchung bietet also Möglichkeiten der Vorhersage von Zahnbreiten noch nicht durchgebrochener Zähne bzw. Zahngruppen durch die Messung der vorhandenen Milchvorgänger bzw. Milchzahngruppe und scheint gewisse Vorteile gegenüber anderen Methoden zu bieten.

12. Z U S A M M E N F A S S U N G

1. Zunächst wird anhand von Literatur die Bedeutung der Zahnbreiten im Zusammenhang mit der Gebißentwicklung untersucht. Dabei wird auf die Platzverhältnisse im Milch- und Wechselgebiß eingegangen.
2. Es werden einige bekannte Methoden der Platzvorherbestimmung
 - a) auf der Grundlage von Mittelwerten (und Standardabweichungen),
 - b) durch Vermessen der Zahngröße im Röntgenbild und Korrektur des Projektionsfehlers,
 - c) durch korrelationsanalytische Untersuchungenbeschrieben und gegeneinander abgewogen. Der Autor schlägt eine kombinierte Methode vor, bei der auf korrelationsanalytischer Grundlage andere Faktoren zur Vorherbestimmung der Zahnbreiten mit herangezogen werden.
3. Es werden einige korrelationsanalytische Arbeiten zitiert und diskutiert, wobei sich meist große Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen ergibt.
4. Zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht gibt es bei den bleibenden Zähnen statistisch signifikante Breitenunterschiede, die sich besonders bei den Eckzähnen - speziell im Unterkiefer - bemerkbar machen. Bei den Milchzähnen sind die geschlechtsspezifischen Differenzen unerheblich.
5. Die Frage, ob es populationsspezifische Breitenunterschiede gibt, kann weder aufgrund des Literaturstudiums noch der eigenen Untersuchungen mit Sicherheit bejaht werden. Es scheint jedoch so, daß es zwischen verschiede-

nen Populationen kleinere Breitendifferenzen gibt, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß die einzelnen Werte meist mit verschiedenen Meßmethoden von unterschiedlichen Untersuchern gefunden wurden.

6. Das Problem der Rechts-Links-Differenzen, die auch in der eigenen Untersuchung zu finden sind, wird anhand der Literatur bearbeitet und die Schlußfolgerung gezogen, daß es geringe Halbseitendifferenzen gibt. Ob sie statistisch signifikant sind, kann aus den Arbeiten nicht geschlossen werden.
7. Mit einem Meßgerät, das nach dem Prinzip einer Schraublehre funktioniert, wurden mit hoher Genauigkeit 5994 Zähne auf Patientenmodellen vermessen.
8. Die eigenen Ergebnisse (Mittelwerte, Standardabweichungen und Extremwerte) stimmen für die bleibenden Zähne mit den Werten anderer Autoren überein; für die Milchzähne wurden Mittelwerte gefunden, die um 0,3 - 0,4 mm kleiner waren als die Werte, die in anderen Arbeiten zu finden waren.
9. Die korrelationsanalytischen Untersuchungen zeigten, daß individuelle Zusammenhänge zwischen der Breite von Milchzähnen und bleibenden Zähnen bestehen. Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Zahngruppen sind allgemein stärker als die zwischen einzelnen Zähnen.
10. Für die Vorherbestimmung der Breite eines Zahnes vor seinem Durchbruch schlägt der Autor vor, die von ihm aufgestellten Gleichungen der linearen Regressionsgeraden zu benutzen.

Weiterhin sollten aber der Mittelwert, die Standardabweichung und die Geschlechtszugehörigkeit berücksichtigt werden. Die Extremwerte müssen vor einer Ausdehnung der Prognose warnen, ein Röntgenbild erscheint weiterhin unerlässlich.

13. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ALVESALO, L. The Influence of Sex-Chromosome Genes on Tooth Size in Man. Suom. hammaslääk.-seur. toim. 67, 3 - 54 (1971)
2. BALLARD, M.L. und W.L. WYLIE zit. nach SMITH und BERNARD (1964) bzw. SCHULZE (1968)
3. BARRETT, M.J.; BROWN, T. und M.R. MACDONALD Dental Observations on Australian Aborigines: Mesio-distal Crown Diameters of permanent Teeth. Austral. Dent. J. 8, 150-155 (1963)
4. BAUME, L.J. Beitrag zur Frage der Frühbehandlung in der Orthodontie. Schweiz.Mschr.Zahnhk. 57, 177 (1947) und 58, 337-369 (1948)
5. BIRKENHOVEN, R. Beziehung der Schneidezahnbreiten zueinander und zur Gesichtsbreite. Med. Diss. Mainz 1955
6. BLACK, G.V. Descriptive Anatomy of the Human Teeth. SS. White Dental Manufacturing CO, Philadelphia 1902, 4. Aufl.
7. BROEKMAN, R.W. und I. van AKEN Über den Zusammenhang zwischen der Breite von I₁ sup. und der Länge des Zahnbogens. Schweiz.Mschr.Zahnhk. 75, 755 (1965)
8. BUCHAN, S. Resilience and Stability of Alginat Impressions Materials. Brit. Dent. J. 115, 455 (1963)
9. GARN, S.M.; LEWIS, A.B. und R.S. KERESKY Size Interrelationship of the Mesial and Distal Teeth. J. Dent. Res. 44, 350-354 (1965)

10. GONDA, K. On the Sexual Differences in the Dimensions of the Human Teeth. Zinruigaku Zassi (The Journal of the Anthropological Society of Nippon) 67, 151 (1959)
11. GREVE, K. Über die Gültigkeit des Pontschen Index. Fortschr. Orthodontik 3, 163 (1933)
12. HANUSCHKE, M. Verhältnis der oberen zu den unteren Schneidezahnbreiten. Med. Diss. Mainz 1952
13. HECKMANN, U. und
 R. HIECKE Untersuchungen über die Entwicklung des Milchgebisses. Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 1208-1216 (1963)
14. HÖRNLEIN, U. Über die Verteilung der Karies im Milchgebiß. Med. Diss. Erlangen 1969
15. HOSAKA, T. zit. nach MOORREES 1957
16. HUNTER, W.S. und
 W.R. PRIEST Errors and Discrepancies in Measurement of Tooth Size. J. Dent. Res. 39, 405-414 (1960)
17. ILG, V.K. Untersuchungen zur Volum- und Formbeständigkeit der Alginat-Abdruckmassen (Imprex K 4). Zahnärztl. Welt 5, 75 in Forts. (1950)
18. ILG, V.K. Vergleichende Untersuchungen zur Feststellung der Abdruckgenauigkeit von Alginatabdrücken (Imprex K 4). Dtsch. zahnärztl. Z. 5, 415 in Forts. (1950)
19. IWAGAKI, H. und
 M. ARITA Some Problems in Orthodontics observed by the Serial Models of Japanese Children. Fortschr. Kieferorthop. 25, 346 (1946)
20. JANZER, O. Die Zähne der Neu-Pommern. Vjschr. Zahnhk. 43, 289-319 und 401-434 (1927)

21. de JONGE COHEN, Th. E. Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der mesiodistalen Dimensionen der Zähne des menschlichen Gebisses.
Österr. Z. Stomat. 16, 1 (1918)
22. KORKHAUS, G. Die Vererbung der Kronenform und -größe menschlicher Zähne.
Z. Anat. Entw.gesch. 91, 594-617 (1930)
23. KORKHAUS, G. und F. NEUMANN Das Kieferwachstum während des Schneidezahnwechsels und die orthodontische Frühdehnung.
Fortschr. Orthodontik 1, 32 (1931)
24. KORKHAUS, G. Gebiß-, Kiefer- und Gesichtsorthopädie.
in Handbuch der Zahnheilkunde IV, Herausgeber Bruhn, Ch.
J.F. Bergmann, München 1939
25. KÜHN, K. zit. nach NEUMANN 1954
26. LUNDSTRÖM, A. Tooth Size and Occlusion in Twins.
S. Karger, Basel-New York 1948
27. LUNDSTRÖM, A. Variation of Tooth Size in the Etiology of Malocclusion.
Amer. J. Orthodont. 41, 872-876 (1955)
28. LUX, F. und W. LUX Korrelationstheoretische Untersuchungen über die Breitenverhältnisse der oberen Schneidezähne und des mittleren unteren Schneidezahnes beim Menschen, gesondert nach Geschlechtern.
Korresp.bl. Zahnärzte 55, 329 (1931)
29. LUX, F. Die Breitenverhältnisse der oberen Schneidezähne beim männlichen Geschlecht.
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 51, 957 und 1053 (1933)
30. LUX, F. Über intermaxilläre Beziehungen der Breiten der menschlichen vorderen Zähne bis zum Sechsjahrmolaren einschließlich.
Korresp.bl. Zahnärzte 57, 151 (1933)

31. LYSSELL, L. Relationship between Mesiodistal Crown Diameters in the Deciduous and Permanent Lateral Teeth. Acta odont. Scand. 18, 83 (1960)
32. MEYER, E. Welche Alginate können dem Zahnarzt nach der FDI-Spezifikation Nr. 9 empfohlen werden? Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 291-294 (1970)
33. MIJSBERG, W.A. zit. nach MOORREES 1957
34. MOORREES, C.F.A. The Aleut Dentition. Cambridge, Mass. 1957
35. MOORREES, C.F.A., S.Ø. THOMSEN, E. JENSEN und P.K. YEN Mesio-distal Crown Diameters of the Deciduous and Permanent Teeth in Individuals. J. Dent. Res. 36, 39-47 (1957)
36. MOORREES, C.F.A. Genetische Gesichtspunkte der Gebißenentwicklung. Fortschr. Kieferorthop. 22, 269 (1961)
37. MÜHLREITER, E. Über Minimal- und Maximalgrößen der Zähne. Dtsch. Vjschr. Zahnhk. 14, 119 (1874)
38. MÜHLREITER, E. Anatomie des menschlichen Gebisses. Arthur Felix, Leipzig 1912
39. NANCE, zit. nach STÄHLE 1958
40. NAWRATH, K. Eine neue Tabelle zur Breitenbestimmung seitlicher Ersatzzähne. Zahnärztl. Welt Rdsch. 69, 395 (1968)
41. NELSON, C.T. zit. nach MOORREES 1957
42. NEUMANN, D. Untersuchungen über die Gebißenentwicklung. Dtsch. Zahn-Mund-Kieferhk. 20, 177-208 und 285-304 (1954)
43. NORTHCROFT, G. zit. nach LYSSELL 1960
44. OLDFATHER zit. nach STÄHLE 1958

45. OSBORNE, R.H.,
S.L. HOROWITZ und
F.V. De GEORGE
Genetic Variation in Tooth
Dimensions: A Twin Study of
the Permanent Anterior Teeth.
Amer. J. Human Genetics 10,
350 (1958)
46. PARREIDT, J.
Die Breite der oberen centralen
Schneidezähne beim männlichen
und weiblichen Geschlecht.
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 2, 191 (1884)
47. PEDERSEN, P.O.
zit. nach MOORREES 1957
48. REMANE, A.
Zur Meßtechnik der Primatenzähne.
In: Handbuch der biologischen
Arbeitsmethoden,
Herausgeber Abderhalden, E.
Urban & Schwarzenberg 1930
49. RITTER, R.
Untersuchungen über die mesio-
distalen Größenverhältnisse der
Zähne des Oberkiefers zu denen
des Unterkiefers.
Fortschr. Orthodontik 3, 261 (1933)
50. SACHS, L.
Statistische Auswertungsmethoden.
Springer-Verlag, Berlin-Heidel-
berg-New York 1968
51. SCHAAFHAUSEN
zit. nach PARREIDT 1884
52. SCHULZE, Chr.
Günstige und ungünstige Entwick-
lungstendenzen im jugendlichen
Gebiß.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 1151 -
1163 (1968)
53. SCHWARZ, A.M.
Lehrgang der Gebißregelung I.
Urban & Schwarzenberg, Wien-
Innsbruck 1961, 3. Aufl.
54. SCHWINDLING, R.
Modellergebnisse bei verschiede-
ner Aufbewahrungsart des Alginat-
abdrucks (Imprex - homogenisiert).
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1009 (1955)
55. SCHWINDLING, R.
In: EICHNER, K.: Leitfaden zahn-
ärztlicher Werkstoffe und ihrer
Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt 1960

56. SCOTT, J.H. und
N.B.B. SYMONS Introduction to Dental Anatomy.
E. u. S. Livingstone, Edinburgh
and London 1971, 6. Aufl.
57. SEIPEL, C.M. Variations of Tooth Position,
A Metric Study of Variation and
Adaptation in the Deciduous and
Permanent Dentitions.
Ref. Amer. J. Orthodont. 34,
369 (1948)
58. SELMER-OLSEN, R. zit. nach MOORREES 1957
59. SMITH, B. und
W.V. BERNARD The Mixed Dentition Analysis:
A Predictor of Tooth Size and
Arch Length Relationship.
J. Dent. Child. 31, 114-119 (1964)
60. STÄHLE, H. Bestimmung der mesio-distalen
Kronenbreite der bleibenden Eck-
zähne und Prämolaren vor ihrem
Durchbruche.
Med. Diss. Zürich 1958
61. de TERRA, M. Beiträge zu einer Odontographie
der Menschenrassen.
Berlinische Verlagsanstalt 1905
62. THOMSEN, S. zit. nach MOORREES 1957
63. TONN, P. Über die mesio-distalen Zahnbrei-
ten-Relationen der Zähne des Ober-
kiefers zu den entsprechenden des
Unterkiefers bei normaler und
anormaler Okklusion.
Med. Diss. Berlin 1937
64. VOGEL, F. und
H.-E. REISER Zwillingsuntersuchung über die
Erblichkeit einiger Zahnbreiten.
Anthrop. Anz. 24, 231-241 (1960)
65. WALTHER zit. nach NEUMANN 1954
66. WARRER zit. nach ALVESALO 1971
67. WEISKOPF, I. zit. nach NEUMANN 1954
68. WETZEL, G. Lehrbuch der Anatomie für Zahn-
ärzte und Studierende der Zahn-
heilkunde.
Gustav Fischer, Jena 1933, 5. Aufl.;
6. Aufl. (1951)

69. WITT, E. und
W. ERHARDT

Die Bedeutung der Raumverhältnisse für den Durchbruch der Front- und Eckzähne.
Fortschr. Kieferorthop. 31, 167 (1970)

70. YAMADA, E.

zit. nach MOORREES 1957

71. ZIELINSKY, W.

Über die Einstellung der ersten bleibenden Molaren hinter dem Milchgebiß.
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 28, 465-494 (1910)

Herrn Professor Dr. Christian S c h u l z e danke ich für die Überlassung des Themas und für seine stets vorhandene und großzügige Hilfsbereitschaft beim Erstellen dieser Arbeit.

Herrn Professor Dr. Dr. Günter F u c h s danke ich für seine klaren und prägnanten Hilfen bei allen mathematischen und statistischen Problemen.

LEBENS LAUF

4. Juni 1944 in Bad Liebenwerda geboren
- 1945 - 1958 Magdeburg
- 1950 - 1958 Besuch einer Grundschule von der
1. - 8. Klasse
- 1958 - 1961 Besuch der Falkschule (Oberschule,
Wissenschaftlicher Zweig) in
Berlin-Tiergarten
- 1961 - 2. März 1964 Besuch der Hermann-Ehlers-Schule
(Oberschule, Wissenschaftlicher Zweig)
in Berlin-Steglitz, Abitur
- 1964 - 1969 Studium der Zahnheilkunde an der
FU Berlin
26. Juli 1969 Zahnärztliche Prüfung mit dem
Gesamtergebnis "Gut"
8. August 1969 Bestallung als Zahnarzt
1. September 1969 Wissenschaftlicher Angestellter in
der Kieferorthopädischen Abteilung
des Fachbereichs 7, Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde, der FU Berlin
14. Oktober 1971 Heirat

